

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

Hornicko-geologická fakulta

Institut environmentálního inženýrství

Posouzení možnosti využití fugátu pro závlahu

Utilization of Liquid from Digestate for Irrigation

bakalářská práce

Autor:

Klára Rozbrojová

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Silvie Heviánková, Ph.D.

OSTRAVA 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Institut environmentálního inženýrství

Zadání bakalářské práce

Student: **Klára Rozbrojová**
Studijní program: B2102 Nerostné suroviny
Studijní obor: 2102R006 Technologie a hospodaření s vodou
Téma: Posouzení možnosti využití fugátu pro závlahu
Utilization of Liquid from Digestate for Irrigation

Zásady pro vypracování:

1. Úvod a cíl práce
2. Bioplynové stanice, produkty anaerobní fermentace.
3. Digestát, fugát, separát.
4. Závlahová voda.
5. Experimentální část - odběr vzorků digestátu, jeho odstředění, posouzení vlastností fugátu s ohledem na využití pro závlahu.
6. Diskuse a závěr

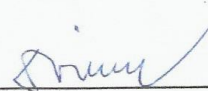
Seznam doporučené odborné literatury:

DOHÁNYOS, M. a kol.: Anaerobní čistírenské technologie, NOEL 2000 s.r.o. Brno 1998, ISBN 80-86020-19-3
STRAKA, F. et al. Bioplyn. 1. vyd. Říčany: GAS s.r.o. 2003.
HLAVATÁ, Miluše: Odpadové hospodářství, VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2004, ISBN 978-80-248-0737-92007
Odborné publikace dostupné na WWW: <http://biom.cz>

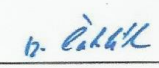
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Silvie Heviánková, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2013
Datum odevzdání: 30.04.2014


prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc.
vedoucí institutu




prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

Klára Rozbrojová: Posouzení možnosti využití fugátu pro závlahu

AUTORSKÉ PROHLÁŠENÍ

- Celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.
- Byla jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/200 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Souhlasím s tím, že bakalářská práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 21. 4. 2014

Klára Rozbrojová
Klára Rozbrojová

Poděkování

Ráda bych poděkovala mé rodině, za zprostředkování možnosti studovat a dále se vzdělávat. A také za to, že mě v mém studiu podporovali.

Chtěla bych poděkovat vedoucí bakalářské práce paní Ing. Silvii Heviánkové, Ph.D., za specializované vedení, trpělivost a poznámky k mé práci.

Dále bych velmi chtěla poděkovat Laboratoři MORAVA s.r.o., za rozbor fugátu.

ANOTACE

Má bakalářská práce se věnuje fugátu a posouzení možností jeho využití pro závlahu v zemědělství. Základním prvkem je digestát a z něho po odstředění vzniká fugát a separát. V teoretické části se zabývám popisem bioplynových stanic (dále jen BPS) a popisem produktů anaerobní fermentace. Co se týče závlahové vody, uvádím legislativu, podle které se závlahové vody spravují. Jaké mají parametry, aby se mohly použít pro závlahu. Experimentální část se věnuje nejvíce složení fugátu, zejména pak posouzení obsahu rozpuštěných látek (dále jen RL), chloridů, síranů a poměru $\text{Na}^+ : (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$, v porovnání s požadavky na závlahovou vodu.

Klíčová slova: bioplynová stanice, fugát, závlahová voda, digestát, anaerobní fermentace

SUMMARY

My thesis is devoted to Fugatami and assesment of possible his use for irrigation in agriculture. The basic element is Digestate. After its centrifuging Fugatami and separates arise. The theoretical part deals with the description of biogas stations (hereinafter referred to as BPS) and products of anaerobic fermentation. As for irrigation water, I am presenting the legislation which manages it. Very important are the parametres to be able to use it for irrigation. The experimental part focuses most Fugatami composition, especially assesment of the content of dissolved solid substances (hereinafter RL) such as chlorides, sulphates and ratio of $\text{Na}^+ : (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ in comparison with requirement on irrigation water.

Keywords: biogas station, Fugatami, irrigation water, Digestate, anaerobic fermentation

Obsah

| | |
|---|----|
| 1. ÚVOD..... | 1 |
| 2. BIOPLYNOVÉ STANICE | 2 |
| 2.1 Co je to BPS? | 2 |
| 2.2 Rozdělení bioplynových stanic | 3 |
| 2.2.1 Zemědělské bioplynové stanice | 3 |
| 2.2.2 Čistírenské bioplynové stanice | 4 |
| 2.2.3 Ostatní bioplynové stanice | 4 |
| 2.3 Vybrané BPS | 6 |
| 2.3.1 BPS Horní Tošanovice | 6 |
| 2.3.2 BPS Klokočov | 7 |
| 2.3.3 BPS Pustějov | 8 |
| 2.3.4 BPS Stonava | 10 |
| 2.3.5 BPS Třeština | 12 |
| 3. PRODUKTY ANAEROBNÍ FERMENTACE | 13 |
| 3.1 Anaerobní fermentace | 13 |
| 3.1.1 Hydrolýza | 14 |
| 3.1.2 Acidogeneze | 14 |
| 3.1.3 Acetogeneze | 14 |
| 3.1.4 Methanogeneze | 14 |
| 3.2 Faktory ovlivňující anaerobní fermentaci | 15 |
| 3.2.1 Vliv teploty | 15 |
| 3.2.2 Vliv reakce prostředí – pH | 15 |
| 3.2.3 Přítomnost nutrietů | 15 |
| 3.2.4 Přítomnost toxických a inhibujících látek | 16 |
| 3.2.5 Vliv technologických faktorů | 16 |

| | |
|--|----|
| 3.3 Produkty anaerobní fermentace | 16 |
| 3.3.1 Bioplyn | 16 |
| 3.3.2 Digestát | 17 |
| 4. DIGESTÁT, FUGÁT, SEPARÁT | 18 |
| 4.1 Digestát | 18 |
| 4.1.1 Rozdělení digestátů | 18 |
| 4.2 Fugát | 23 |
| 4.3 Separát | 24 |
| 4.3.1 Fyzikální vlastnosti | 24 |
| 4.3.2 Chemické vlastnosti | 25 |
| 5. ZÁVLAHOVÁ VODA | 26 |
| 5.1 Kvalita závlahové vody | 26 |
| 5.2 Norma ČSN 75 7143 – Jakost vody pro závlahu | 27 |
| 5.3 Zdroje vody pro závlahu | 28 |
| 6. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST | 29 |
| 6.1 Odběr vzorků digestátu | 29 |
| 6.2 Odstředění vzorků | 29 |
| 6.3 Chemický rozbor fugátu | 31 |
| 6.3.1 Stanovení chloridů | 31 |
| 6.3.2 Stanovení síranů | 32 |
| 6.3.4 Stanovení vápníku a hořčíku | 33 |
| 6.3.5 Stanovení sodíku | 33 |
| 6.4 Posouzení vlastností fugátu s ohledem na využití pro závlahu | 34 |
| 6.4.1 Chloridy | 34 |
| 6.4.2 Sírany | 36 |
| 6.4.3 Poměr $\text{Na}^+ : (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ | 37 |

| | |
|---|----|
| 6.4.4 Rozpuštěné látky při 105 ⁰ C | 39 |
| 7. ZÁVĚR | 41 |
| SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY | 43 |
| SEZNAM OBRÁZKŮ | 48 |
| SEZNAM GRAFŮ | 48 |
| SEZNAM TABULEK | 49 |
| SEZNAM PŘÍLOH | 49 |

SEZNAM ZKRATEK

| | |
|-------|--|
| AAS | Atomová absorpční spektrometrie |
| AF | Anaerobní fermentace |
| BPS | Bioplynová stanice |
| BRO | Biologicky rozložitelný odpad |
| ČOV | Čistírna odpadních vod |
| ČSN | Československá státní norma |
| DV | Drenážní vody |
| EC | Elektrická vodivost |
| ES | Evropská směrnice |
| FES | Plamenová emisní spektrometrie |
| CHSK | Chemická spotřeba kyslíku |
| ISO | Mezinárodní organizace pro normalizaci |
| KOV | Komunální odpadní vody |
| MŽP | Ministerstvo životního prostředí |
| NAPŘ. | Například |
| NL | Nerozpuštěné látky |
| OH | Objemová hmotnost |
| OHS | Objemová hmotnost suchá |
| OV | Odpadní vody |
| RAS | Rozpuštěné anorganické soli |
| RD | Rekultivační digestát |

| | |
|---------|--|
| RL | Rozpuštěné látky |
| RLŽ | Rozpuštěné látky žiháním |
| Tzn. | To znamená |
| VŠB-TUO | Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava |
| VzK | Vzdušná kapacita |
| VŽP | Vedlejší živočišný produkt |
| ŽP | Životní prostředí |

1. ÚVOD

V dnešní době se stále zvyšuje počet bioplynových stanic (BPS), ať už zemědělských, čistírenských či těch ostatních. Nejvíce rozšířené u nás jsou bioplynové stanice zemědělské. Z těchto stanic vychází stále více a více produktů.

Možná právě proto se začalo řešit, jak by se dal využít zbytek (produkt), který vychází z těchto stanic. Na jedné straně je bioplyn, avšak ten už své uplatnění má. Slouží k výrobě elektrické a tepelné energie, většinou pro danou BPS. Část této energie je prodávána dále do energetických zařízení. Na straně druhé je digestát, ten se může využívat jako hnojivo. Digestát se aplikuje především na zemědělské pozemky, které obohacuje o živiny a zároveň zavlažuje. Jde však také rozdělit, například pomocí odstředivek, a to na tuhou část, což je separát, a na druhou tekutou část, což je fugát. Separát má využití jako hnojivo a také se zapracovává do substrátů pro rostliny. Fugát obsahuje především vysoké koncentrace organických látek a amoniakálního dusíku.

Cílem práce bylo porovnat složení fugátu s požadavky na závlahovou vodu a posoudit tedy možnost jeho využití k těmto účelům. Porovnávala jsem s normou ČSN 75 7143, zda má stejné vlastnosti, jak určuje norma nebo alespoň podobné.

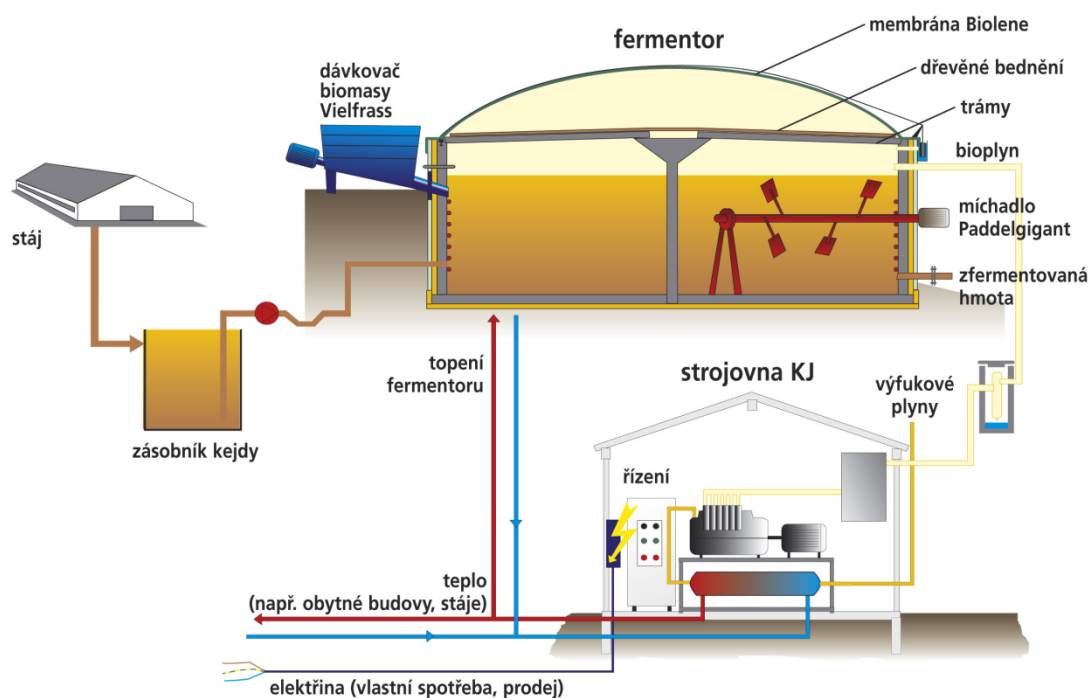
2. BIOPLYNOVÉ STANICE

2.1 Co je to BPS?

Bioplynová stanice je technologické zařízení používající procesu anaerobní digesce ke zpracování biologického odpadu, popřípadě jiného biologicky rozložitelného materiálu. Nejvýznamnějším výsledkem anaerobní digesce je bioplyn, který lze využít jako alternativní zdroj energie. [1]

Bioplyn dále vyrábí teplo a po převedení do kogenerační jednotky vzniká elektrická energie. Tyto energie většinou spotřebovávaly BPS pro své potřeby, dnes většina stanic dodává energie do sítě a dále pak k zákazníkům. [19]

Obrázek 1 - Schéma bioplynové stanice – jednoduché



Zdroj: [2], upraveno autorem

2.2 Rozdělení bioplynových stanic

Bioplynové stanice se dělí podle druhu zpracovaného substrátu a to:

- zemědělské
- čistírenské
- ostatní

2.2.1 Zemědělské bioplynové stanice

Jsou to takové BPS, které používají látky rostlinného charakteru a statkových hnojiv (podestýlky). Není zde možné používat odpady podle zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech, ani jiné materiály, které spadají pod Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1774/2002 o vedlejších živočišných produktech. [19]

Materiály, které na této BPS mohou zpracovávat, se dělí do 3 skupin.

- a) Živočišné materiály
- b) Rostlinné materiály
- c) Pěstovaná biomasa

Ad. A)

Do skupiny živočišných materiálů (surovin) patří zejména kejda prasat a skotu, hnůj se stelivem prasat a skotu, hnůj a stelivo z chovu koní, koz a králíků; drůbeží exkrementy, atd. [19]

Ad. B)

Do rostlinných materiálů můžeme zařadit slámu (všech typů obilovin), plevy a odpad z čištění obilovin, bramborová nat' i slupky z brambor, řepná nat' z krmné i cukrové řepy, kukuřičná sláma i jádro kukuřice, travní biomasa nebo seno, atd. [19]

Ad. C)

Jako pěstovanou biomasu považujeme obiloviny v mléčné zralosti (celé rostliny), kukuřice ve voskové zralosti (celé rostliny), kukuřice vyzrálá, krmná kapusta a používají se čerstvé i silážované. [19]

Požadavky

Při zpracovávání materiálů (surovin) mají zemědělské BPS o hodně nižší emise pachových látek a to se projeví i ve fermentačním zbytku.

Při projektování těchto BPS musí projektant vhodně navrhnout, pro každou BPS zvlášť, dobu fermentace – rozměry fermentačních prostorů a také musí brát ohledy na druh materiálu, který bude daná BPS zpracovávat.

Musí být zajištěna přiměřená velikost zásobníků na fermentační zbytek (min. 4 měsíce). To zajišťuje provozovatel BPS. [19]

2.2.2 Čistírenské bioplynové stanice

Čistírenské bioplynové stanice pracují **jen** s kaly z čistíren odpadních vod a jsou důležitým elementem čistírny odpadních vod (ČOV). [19]

2.2.3 Ostatní bioplynové stanice

Tyto BPS mohou zpracovávat bio odpady: - odpady z prvovýroby v zemědělství, zahradnictví, myslivosti, rybářství a z výroby a zpracování potravin; odpady z výroby a zpracování masa, ryb a jiných potravin živočišného původu; odpady z výroby a ze zpracování ovoce, zeleniny, obilovin, jedlých olejů, kakaa, kávy a tabáku; odpady z konzervářského a tabákového průmyslu, z výroby droždí a kvasničného extraktu, z přípravy a kvašení melasy; odpady z výroby cukru; odpady z mlékářského průmyslu nebo taky materiály uvedené v odstavci 2.2.1 a 2.2.2. [19]

Jestliže ostatní BPS zpracovávají vedlejší živočišné produkty (VŽP), spadají pod Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1774/2002 a musí plnit podmínky v něm stanovené, jako je třeba hygienizace materiálu/odpadů (pasterizace, vysokoteplotní hygienizace). [19]

Požadavky

Ostatní bioplynové stanice se budou řídit vyhláškou č. 341/2008 Sb. o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady zpracovanou odborem odpadů MŽP na základě zmocnění v zákoně č. 185/2001 Sb. o odpadech, ve znění pozdějších předpisů. Byla vydána novela č. 31/2011.

Hygienizace bývá zdrojem zápachu a proto musí proces probíhat v uzavřeném prostoru se zabezpečením proti úniku pachových látek.

Nádrže na digestát by měly být uzavřené nebo jinak ošetřené v závislosti na umístění zdroje, jelikož u fermentačního zbytku je vyšší pravděpodobnost úniku pachových látek. [19]

2.3 Vybrané BPS

2.3.1 BPS Horní Tošanovice

BPS se nachází v katastrálním území Dolní Tošanovice v okrese Frýdek – Místek. Jižně od železniční stanice Horní Tošanovice a západně od Třince v Moravskoslezském kraji. [3]

Obrázek 2 - Fermentory Horní Tošanovice



Zdroj: [4], upraven autorem

Popis:

Využívají technologie mokré fermentace.

Instalovaná technologie je 1x fermentor (2280 m³), 1x dofermentor (2280 m³), 3x kogenerační jednotka Schnell ES 2507. **Provozovatelem** je TOZOS spol. s.r.o. **V provozu** je od roku 2008. **Celkový instalovaný tepelný výkon** je 712 kW. **Celkový instalovaný elektrický výkon** je 780 kW. **Zdrojem bioplynu** jsou kukuřičná siláž a hnůj. [3],[4]

2.3.2 BPS Klokočov

BPS najdeme v oploceném areálu, na západním okraji obce Klokočov jižně od města Opava v Moravskoslezském kraji. [5]

Obrázek 3 - Nakládání do dávkovače



Zdroj: [5]

Areál kdysi sloužil jako středisko Státního statku, dále jako skladové prostory a odstavné plochy zemědělských strojů. Tato BPS vznikla za účelem využití travního materiálu, odpadních surovin z potravinářských výroben a provozoven, ale taky odpadů ze zemědělských podniků pro výrobu tepla a elektrické energie.

Mokrou fermentací fytomasy (hmota rostlinného původu) a biologických surovin v reaktorech BPS vzniká bioplyn, který je zachvacován v plynojemu a dále využíván ve třech kogeneračních jednotkách typu TEDOM CENTO a v jedné kogenerační jednotce typu TEDOM QUANTO. Vzniklá elektrická energie je odváděna do veřejné distribuční sítě. **Instalovaná technologie** je 3 x kogenerační jednotka TEDOM CENTO T 160 SP BIO a 1x kogenerační jednotka TEDOM QUANTO D 580 SP BIO. **Provozovatelem** je Vítkovická zemědělská s.r.o. **V provozu je od roku 2006. Celkový instalovaný tepelný výkon je 1234 kW. Celkový instalovaný elektrický výkon je 986 kW. Zdroj bioplynu:** hovězí kejda, slamnatý hnůj, travní hmota, potravinářské odpady, řepné řízky, výpalky z lihové výroby, kaly z biologického čištění. [5], [6]

2.3.3 BPS Pustějov

BPS leží jihozápadně od Ostravy kousek od Studénky v areálu ZEMSPOL Studénka, a.s., který je zároveň i provozovatelem.

Obrázek 4 - Fermentory BP Pustějov



Zdroj: [7], upraveno autorem

Popis:

Bioplynová stanice Pustějov je technologické zařízení pro zpracování odpadních látek a surovin zemědělské produkce, rostlinného materiálu, masokostní moučky a odpadů z výroby buničiny. Výsledkem procesu anaerobní mokré fermentace je bioplyn. Ten je poté dále používán ve čtyřech kogeneračních jednotkách na výrobu elektrické energie a tepelné energie. Část tepla se spotřebovává pro ohřev fermentoru a další zbytek se pak dále používá v areálu zemědělské farmy a vytápí obec Pustějov. Elektrická energie je odváděna a distribuuje se dále rozvodnému závodu. Součástí BPS je hygienizace na úpravu a zpracování kuchyňských odpadů a různého biologicky rozložitelného materiálu. Vyfermentovaný materiál je skladován ve skladovací nádrži. Z těchto skladovacích nádrží je kal oddělován a to tuhá část je odvážena a tekutá složka je skladována v lagunách.

Bioplynovou stanici vytvořila společnost Vítkovice Power Engineering, z ostravského strojírenského holdingu Vítkovice.

Roční produkce elektrické energie je asi 4700 MWh.

Předpokládaná roční produkce tepelné energie asi 21.000 GJ.

Použitá technologie je 2x fermentor – celkový objem 4200 m³; 2x kogenerační jednotka CENTO T 160 SP, 2x kogenerační jednotka CENTO T 170 SP BIO KON. **V provozu** je od listopadu roku 2007. **Celkový instalovaný tepelný výkon je 1758 kW. Celkový instalovaný elektrický výkon je 1680 kW. Vstupní suroviny jsou** hovězí kejda, travní a kukuřičná siláž, řepné řízky, obiloviny. [7], [8], [9], [10]

2.3.4 BPS Stonava

BPS Stonava najdeme na území Farmy Stonava východně od Ostravy. Blízko česko-polských hranic. [13]

Obrázek 5 - Stonava



Zdroj: [12], upraveno autorem

Stonava je čistě zemědělská bioplynová stanice, která pro svoji činnost používá vepřovou kejdu, kukuřičnou siláž a drcené kukuřičné zrno. Stanice byla uvedena do provozu v lednu 2009 a pracuje s výbornými výsledky, na kterých se podílí instalovaná technologie. V roce 2011 došlo k upravení výkonu na 1381kW, jelikož dosavadní výkon 880kW nestačil na vytápění stájí pro prasata. Pomohla k tomu stavba čtvrté fermentační nádrže, která má nejlepší a nejmodernější technologii. Hlavní složkou používanou na Stonavě je kukuřičná siláž. Všechnu kukuřičnou siláž si farma vyprodukuje sama na přilehlých polích. Uskladnění siláže je v silážních jámách v blízkosti BPS. Další používanou složkou je vepřová kejda, která je získávána z provozu velkochovu prasat farmy. Kejda je dopravována s použitím systému čerpadel a jímek kejdovodem do krmného systému BPS. To zajišťuje minimální šíření zápachu a čerstvost kejdy a tím se dosáhne dobrých podmínek pro fermentaci. Připravuje se projekt na rozšíření BPS na 1425kW instalovaného výkonu. [14]

Použitá technologie je polosuchá fermentace, primární fermentor 2 550m³, sekundární fermentory 3 x 1 600m³, fermentory jsou o velikosti 18 x 7,3m, objem plynojemů 2 200m³, 1 x kogenerační jednotka TEDOM Quanto 580, 1 x kogenerační jednotka GE Jenbacher. **V provozu je od ledna roku 2009. Celkový instalovaný tepelný výkon je 1350 kW. Celkový instalovaný elektrický výkon je 1381 kW. Vstupní suroviny jsou** vepřová kejda, kukuřičná siláž, senáž. **Roční produkce je** asi 22 tis. m³. [13]

2.3.5 BPS Třeština

Obrázek č. 6 se nachází na jižním okraji obce Třeština u města Mohlenice. Tato BPS už nespadá pod Moravskoslezský kraj, ale patří do Olomouckého kraje. [16]

Obrázek 6 - BPS Třeština



Zdroj: [15]

Tato bioplynová stanice patří k dalším čistě zemědělským stanicím. Nachází se v bývalém areálu živočišné výroby, kde kdysi stály vepřiny. Činnost byla zahájena v březnu roku 2009. Celkový instalovaný tepelný výkon je 1297 kW a elektrický výkon je 999 kW, tímto výkonem se řadí k silnějším BPS. Technologie, které jsou nainstalovány v BPS Třeština, jsou navrhovány na roční zpracování 6000 t kejdy prasat a 18 100 t kukuřičné siláže. Nádrže patřící k BPS Třeština, jsou udělané z prefabrikovaných panelů, které zhotovil podnik EnviTec. Prvkem dodávky byla vstupní jímka na kejdu o objemu 300 m³ a zastřešená skladovací nádrž o objemu 9500 m³. Vstupními surovinami jsou kukuřičná siláž, kejda a obilný šrot. Využitá technologie je mokrá fermentace, dále jeden fermentor o objemu 5120m³ a kogenerační jednotka. Stávající stáje, byly upraveny tak, aby zde mohly být umístěny další objekty potřebné k chodu BPS (velín, kogenerační jednotka, trafostanice, dávkovače vstupujících materiálů). Provozovatelem je FORTEX – AGS, a.s.. [16],[17],[18]

3. PRODUKTY ANAEROBNÍ FERMENTACE

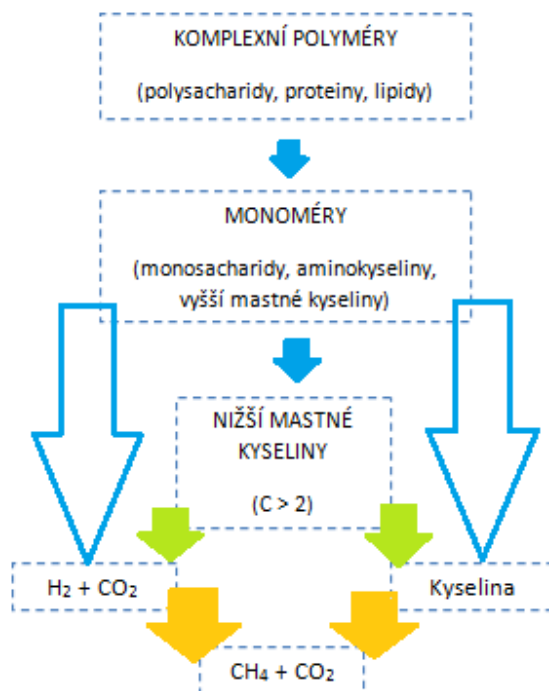
Mezi produkty anaerobní fermentace patří bioplyn a digestát. Digestát se dále dělí na fugát, což je kapalná složka a separát což je složka tuhá.

3.1 Anaerobní fermentace

Anaerobní fermentace nebo také anaerobní digesce je proces, při kterém dochází k rozkladu organické hmoty za nepřístupu vzduchu. Proces anaerobní fermentace můžeme vidět i v přírodě např. na bažiništích nebo na dně jezer. Dochází k rozkladu organické hmoty pomocí mikroorganismů a děje se tak ve čtyřech fázích. Vzniklý výtvar první skupiny mikroorganismů se stává základem pro další skupinu. Proto je velmi důležité, aby nedocházelo k výpadkům některé ze skupin. Mohlo by to způsobit poruchy v celém systému. Závěrečnými výtvary jsou plyny, jako jsou CH_4 , H_2S , CO_2 , H_2 a N_2 , nerozložený zbytek organické hmoty a biomasa. [20], [21]

Hlavní čtyři fáze procesu jsou: hydrolýza, acidogeneze, acetogeneze, methanogeneze.

Obrázek 7 - Schéma anaerobní fermentace



Zdroj: [20], upraveno autorem

3.1.1 Hydrolýza

V první fázi jsou rozkládány makromolekulární rozpuštěné i nerozpuštěné látky což jsou lipidy, proteiny a polysacharidy, na nízkomolekulární látky, které jsou rozpustné ve vodě a to působením extracelulárních enzymů. Nízkomolekulární látky jsou jednodušší sloučeniny. Patří tam především mastné kyseliny, aminokyseliny a cukry. [20], [21], [22]

3.1.2 Acidogeneze

V druhé fázi rozkladu jsou rozkládány produkty hydrolýzy pomocí kyselinotvorných (acidofilních) bakterií na nižší mastné kyseliny jako je kyselina mléčná, octová a valerová.

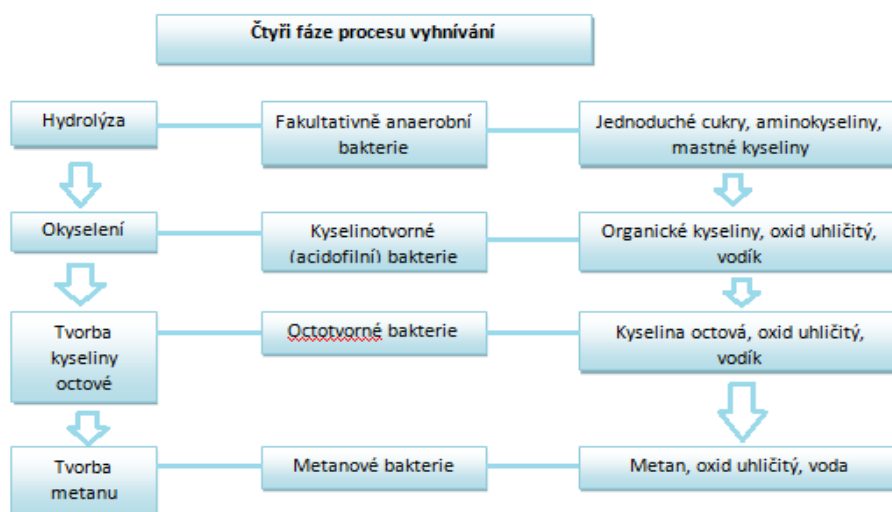
3.1.3 Acetogeneze

Ve třetí předposlední fázi dochází pomocí octotvorné bakterie k vytvoření kyseliny octové, oxidu uhličitého a vodíku. Děj probíhá pouze v anaerobních podmínkách, tzn. za nepřístupu vzduchu.

3.1.4 Methanogeneze

V poslední fázi metanové bakterie zajišťují vznik metanu CH_4 a oxidu uhličitého CO_2 , při čemž se spotřebovává vodík, který vznikl ve třetí fázi. Vzniká bioplyn. Musí se dodržovat určitá teplota, pH a oxidační potenciál, jelikož metanové bakterie jsou velmi citlivé na změny týkající se těchto veličin. [20], [21], [22]

Obrázek 8 - 4. fáze anaerobní fermentace



Zdroj: [22], upraveno autorem

3.2 Faktory ovlivňující anaerobní fermentaci

Při procesech anaerobní fermentace je velmi důležitá stabilita procesu, tj. zajištění stálé dynamické rovnováhy. Některé faktory zasahují do životního prostředí anebo na ně musí být brán zřetel při návrhu, posuzování a výstavbě anaerobního reaktoru.

3.2.1 Vliv teploty

Teplota ovlivňuje vztahy mezi jednotlivými druhy mikroorganismů. Změna teploty může vést k porušení dynamické rovnováhy a dále k úplné havárii v procesu. Při změně teploty (ať už zvýšení nebo snížení) dochází ke změně rychlosti probíhajících procesů. Vlivem dlouhodobých změn v teplotě může dojít k celkové změně zastoupení jednotlivých mikroorganismů. [20], [21]

Anaerobní procesy rozdělujeme podle reakčních teplot: psychrofilní (5-30°C), mezofilní (30-40°C), termofilní (45-60°C), extrémně termofilní (nad 60°C).

Z hlediska hygienizace materiálu je výhodnější, aby proces probíhal při vyšších teplotách. Methan se tvoří při teplotě v rozmezí mezi 5-95°C. Nejčastější jsou anaerobní reaktory, které mají nastavenou teplotu na mezofilní, a to v rozmezí 35-40°C. Aby bylo dosaženo dobrého výsledku, je třeba zajistit stálou teplotu. [20], [21]

3.2.2 Vliv reakce prostředí – pH

Vyhovující pH se nachází v rozmezí 6,5-7,5 což je neutrální prostředí, které by se mělo zachovávat uvnitř reaktoru. Při pH menším než 6 a větším než 8 je činnost mikroorganismů silně inhibována (odumírající). [20]

3.2.3 Přítomnost nutrietů

Abychom mohli zpracovat a provozovat reaktory, musí být dodržen správný poměr N:P k organickým látkám. Vztah mezi potřebnými živinami CHSK:N:P se nachází v intervalu od 300:6,7:1 do 500:6,7:1. Dalšími prvky, které jsou potřebné pro proces je přítomnost řady mikronutrientů a to jsou Na, K, Ca, Fe, S, Mg, Se, W. Výskyt řady růstových faktorů je další z prvků velmi významných pro zpracování reaktorů. Zatímco množství nutrietů bývá dostačující u substrátu přirozeného původu, tak při anaerobní fermentaci kejdy a jiných živočišných produktů dochází k přebytku amoniaku. Amoniak může za zvýšeného pH mít účinek inhibiční až toxický. [20]

3.2.4 Přítomnost toxických a inhibujících látek

Za látky, které nepříznivě působí na biologický proces, jsou pokládány látky toxické a inhibiční. Nižší mastné kyseliny a amoniak jsou látky, které nejčastěji působí inhibičně. Obě výše zmiňované látky působí v nedisociované formě. Inhibice bude závislá na pH a jejich celkové koncentraci v soustavě. Je však možné vypěstovat biomasu, která bude snášet vyšší koncentraci amoniaku. [20]

3.2.5 Vliv technologických faktorů

Co se technologických faktorů týče, tak jsou dva nejdůležitější, a to míchání a doba zdržení. Aby došlo k co nejrychlejšímu a nejdokonalejšímu kontaktu mikroorganismů se substrátem, je nutné, aby směs v reaktoru byla velmi dobře homogenizována (dobře promíchávána). Doba zdržení by měla být tak dlouhá a určená tak, aby mikroorganismy nebyly odnášeny, a zároveň musí dospět k potřebné účinnosti rozkladu. Anaerobní organismy mají generační období celkem dlouhé. Pohybuje se od 0,5 až do 12 dnů, avšak pro různé druhy mikroorganismů. V reaktorech se udržuje doba zdržení od 20 do 40 dnů s tím, že čím hůře je substrát rozložitelný, tím je delší generační doba bakterií. [20]

3.3 Produkty anaerobní fermentace

Mezi produkty anaerobní fermentace patří bioplyn, což je hlavní produkt a vedlejší produkt je digestát.

3.3.1 Bioplyn

Je to bezbarvý plyn, který vzniká během anaerobní fermentace, což je mikrobiální rozklad organické hmoty za nepřístupu vzduchu. Základními složkami bioplynu jsou methan a oxid uhličitý. Obsah oxidu uhličitého je 25-55% a obsah methanu je 40-75%. Dále ještě může obsahovat malé množství N_2 , H_2S , NH_3 , H_2O , ethanu a nižších uhlovodíků. [21], [23], [24], [25]

Zdroje bioplynu

Může být produkovaný v přirozených prostředích (mokřady, sedimenty), dále v zemědělských prostředích jako například rýžová pole, uskladnění hnoje a kejdy, ale také v odpadovém hospodářství na skládkách odpadů a na anaerobních čistírnách odpadních vod. Samozřejmostí jsou bioplynové stanice. [21], [23], [24]

Použití bioplynu

Bioplyn z BPS, ČOV a některých skládek je používán k výrobě tepla a elektřiny, což se provádí v kogeneračních jednotkách (nejčastější). Lze využít jako pohon dopravní techniky. [21], [24]

Tabulka 1 - Srovnání základních vlastností různých bioplynů

| Parametr | Skládkový plyn | Bioplyn (ČOV) | Bioplyn (prasečí kejda) |
|---|----------------|---------------|----------------------------|
| ¹⁾ Výhřevnost MJ/m ³) | 16,9 | 21,1 | 24,0 |
| H ₂ (%) | 1 | 1 | - |
| CO (%) | 1 | - | - |
| O ₂ (%) | 3 | - | - |
| N ₂ (%) | - | - | - |
| Cl ⁻ , F ⁻ (mg/m ³) | - | - | - |
| NH ₃ (mg/m ³) | - | - | 40 |
| CO ₂ (%) | 46 | 38 | 31 |
| CH ₄ (%) | 49 | 61 | 69 |
| H ₂ S (mg/m ³) | 350 | 1000 | ²⁾ 2300 |

1) vztaženo na 15 °C a tlak 101 325 Pa

2) na vstupu do odsířovacího zařízení

Zdroj: [21]

3.3.2 Digestát

Je tuhá látka, která je produkována při anaerobní digesci (fermentaci). Je velmi bohatý na živiny a může být využíván jako hnojivo, ovšem musí být v souladu s kritérii stanovenými vyhláškou Ministerstva životního prostředí. Z toho, co je přiváděno do fermentorů, vznikne asi 90-95% digestátu. Digestát se skládá z nerozložitelného materiálu a odumřelých mikroorganismů. Využití živin z digestátu je mnohem jednodušší než využívání živin ze surové kejdy. Živiny jsou zde mnohem lépe dostupné. [26], [27]

4. DIGESTÁT, FUGÁT, SEPARÁT

4.1 Digestát

Podle vyhlášky č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva je digestát organické hnojivo typové s minimálně 25% spalitelných látek v sušině a minimálně 0,6% N v sušině. Hnojivo s rychle uvolnitelným dusíkem, které má poměr C/N do 10 (stejně jako kejda).

Jak již bylo zmíněno digestát je tuhá látka, která vzniká při anaerobní fermentaci (AF).

Digestát můžeme dále rozdělit pomocí separátorů (centrifugy) a to na fugát, což je tekutá složka a separát, což je složka tuhá. Fugátem a separátem se budu zabývat později. Teď bych se věnovala více do podrobná digestátu.

Je to čerpatelný materiál, který může být používán na zemědělskou půdu jako hnojivo. Musí se však řídit zákonem č. 156/1998 Sb., o hnojivech, ve znění pozdějších předpisů, vyhláškou č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění pozdějších předpisů – limitní hodnoty rizikových prvků, vyhláškou č. 274/1998 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv, ve znění pozdějších předpisů. [28], [29]

4.1.1 Rozdělení digestátů

Digestát můžeme dělit podle několika kritérií. Jedno z kritérií je, z jakých vstupních surovin vzniká. Dalšími kritérii jsou, jak je dále využíván a jak vysoký má obsah sušiny. Aby mohl být digestát dále používán, jsou na něho kladeny velké požadavky, co se týče hygienických kritérií, a musí být splněny limitní hodnoty rizikových prvků. [30]

Podle vstupních surovin

Jako vstupní suroviny do BPS se mohou využívat hnůj, kejda, rostlinné suroviny, biomasa, kaly, biologicky rozložitelný odpad (BRO) a vedlejší živočišné produkty (VŽP). Co se týče vstupních surovin, je nutné, aby při budování nových BPS bylo dáno, jaké suroviny bude zpracovávat. A podle toho dále stanovovat různé požadavky při povolovacím procesu. [30]

- a) Vstupními surovinami jsou statková hnojiva a materiály rostlinného původu – jako je bramborová nať, kukuřičná siláž, travní biomasa a sláma ze všech druhů obilovin. Digestáty z těchto surovin se mohou používat jako zemědělská hnojiva, avšak musí se dodržovat zákony a vyhlášky s tím spojené.
- b) Vstupními surovinami jsou odpady – do této kategorie můžeme zařadit bioodpady, statková hnojiva a materiály rostlinného charakteru. Takového BPS se mohou provozovat na základě rozhodnutí orgánu kraje a musí se řídit Zákonem č. 185/2001 Sb., o odpadech, ve znění pozdějších předpisů.
- c) Vstupními surovinami jsou vedlejší živočišné produkty (VŽP) – BPS, které využívají VŽP, musí být schváleny Krajskou veterinární správou. Součástí BPS musí být hygienická/pasterizační jednotka pro zajištění hygienizace VŽP. Musí se řídit Nařízením ES č. 1774/2002 o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu, které nejsou určeny pro lidskou spotřebu. [28], [30]

Podle obsahu sušiny

V novele vyhlášky č. 474/2000 Sb. o stanovení požadavků na hnojiva, určili obsah sušiny v digestátu na 13%, což je hranice, podle které se bude dělit digestát, a dále podle rozdílných limitů rizikových složek uvedených v této vyhlášce. [30]

Podle možností použití

Jak se bude digestát dále využívat velmi závisí na kvalitě a určitých okolnostech. Jedna z možností jak využít digestát, popřípadě i jeho oddělitelné složky, je použít ho jako organické hnojivo na zemědělské půdy. Další možností je zpracovávat digestát v kompostárnách pro zhotovování kompostu. Kompost je podobný digestátu avšak nejsou úplně stejné. Mají podobné fyzikální a chemické vlastnosti. Kompost se na rozdíl od digestátu vyrábí aerobní digesí. Do aerobní digesce jsme schopni zahrnout i houby a bakterie, které napomáhají rozkládat lignin a celulózu ve větším rozsahu. Z kompostu, který vznikne, můžeme dále vytvořit různé druhy substrátů nebo ho použít jako organické hnojivo. Další možností použití digestátu je, mimo zemědělskou a lesní půdu, jako zúrodnovací materiál. Další a zřejmě poslední možností jak využít digestát je separace a usušení tuhého podílu. Takto upravený by se mohl používat pro zhotovování tuhých alternativních paliv. [30], [31]

- a) Použití digestátu na zemědělských půdách jako hnojivo – digestát musí být v souladu se zákonem č. 156/1998 Sb., o hnojivech. Co se týče stanovení požadavků na digestát, řídí se vyhláškou č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva, ve znění pozdějších předpisů je digestát organické hnojivo typové (typ 18.1 e) a musí splňovat limitní hodnoty rizikových prvků. [30]

Tabulka 2 – Limitní hodnoty rizikových prvků v organických hnojivech

| mg/kg sušiny | | | | | | | | |
|--------------|-------|------|-------|-------|-----|----------|------|-------|
| Kadmium | Olovo | Rtuť | Arsen | Chrom | Měď | Molybden | Nikl | zinek |
| 2 | 100 | 1,0 | 10 | 100 | 100 | 5 | 50 | 400 |

Zdroj: [30], upraveno autorem

Jako hnojivo je nutné používat pouze dobře stabilizované digestáty, které byly vyprodukované správným technologickým postupem. Je velmi potřebné věnovat se skladbě vstupních surovin a to obzvláště celkovému poměru C:N. Aby se dosáhlo kvalitního digestátu, měla by být vsádka do fermentoru, co se týče poměru C:N nejméně 10 nejlépe však 20. [30]

Vlastnosti digestátu – organického hnojiva

- obsah dusíku – 0,2 – 1% ve hmotě
- pH – 7-8
- obsah uhlíku a sušiny se pohybuje v rozmezí 2-13%

Aby nedošlo ke ztrátám dusíku v plynné formě při použití na pole, doporučuje se u digestátu a fugátu využití hadicových aplikátorů. [30]

Obrázek 9 - Hadicové aplikátory



Zdroj: [32], upraveno autorem

Abychom zvýšili účinnost digestátu při hnojení a zamezili úniku amoniaku, musíme:

- využívat dosazovací nádrže, které jsou zakryté
- přirozeně plovoucí vrstvy ve skladovacích nádržích nenarušovat
- digestát dopravovat do skladovacích jímek
- abychom dospěli k odvodnění, ze kterého by mohl být dále použit fugát, může být využito separátorů
- měli bychom znepřístupnit hladinu digestátu vůči větru, týká se to většinou polních jímek
- při aplikaci hnojiva na pole by se mělo využívat hadicových aplikátorů, které by měly být nastaveny tak, aby došlo k vypouštění nízko nad zemí, tím se dosáhne většího účinku, rychlejšího vsaku a zamezí se ztrátám dusíku a tím pádem to i méně zapáchá [30]

Skladování digestátu

Podle vyhlášky č. 274/1998 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv, ve znění pozdějších předpisů (Novela č. 399/2004), by se digestát a fugát měl skladovat v nepropustných nadzemních nebo z části zapuštěných nádržích případně v zemních jímkách. Tuhý digestát je shromažďován ve stavbách zabezpečených stejným způsobem jako stavby pro skladování tuhých statkových hnojiv. Součástí této stavby musí být sběrná jímka tekutého podílu. Tuhý digestát, který je připravený pro další účely ze statkových hnojiv, může být umístěn na zemědělské půdě, avšak nejdéle po dobu 24 měsíců, než bude zpracován. Kapacita skladovacích prostranství pro digestát musí odpovídat skutečné produkci digestátu. Mimo vegetační období jsou zavedena omezení pro užívání digestátu na půdu. [28]

Digestát používaný na zemědělské půdě:

- musí se zamezit splachu a přímému vniknutí hnojiva do povrchových vod a na přilehlé parcely
- nutností je zpracovat hnojivo do půdy a tím předejít úniku amoniaku. [30]

Standardy digestátu

Jsou posuzovány podle tří kritérií a to podle chemického, fyzikálního a biologického hlediska. Na chemické látky je nutno brát ohled, co se týče těžkých kovů a jiných anorganických znečišťujících látek, stálých organických látek a obsahu makro prvků, za které pokládáme dusík, fosfor a draslík. Bioodpad může obsahovat patogeny, které mohou způsobit nákazu člověka, zvířat i rostlin. Z fyzikálního hlediska můžeme kompost poznat hlavně podle zápachu a vzhledu. [31]

- b) Digestáty použité mimo lesní a zemědělskou půdu – touto skupinou se zabývá vyhláška č.341/2008 Sb., upravující podrobnosti nakládání s biologicky rozložitelnými odpady (bioodpady). Vyhláška dále obsahuje seznam bioodpadů, které jsou použitelné v dalších zařízeních pro jejich zpracování. **Rekultivační digestáty(RD)** jsou ty digestáty, které jsou vyráběné z bioodpadu a nejsou používané v lesích či na zemědělské půdě. Digestát (výstup) v této vyhlášce se dále dělí na 4. skupiny a 2. skupina má ještě 3 třídy. RD mohou být využívány na povrchu terénu v městských parcích, u rekreačních a sportovních zařízení. Musí být dodržena vyhláška č. 341/2008 Sb., která se zabývá obsahem celkového dusíku N, pH a vlhkostí. Tato vyhláška dále určuje sledování mikroorganismů v závislosti na účinnosti hygienizace. [30]

Tabulka 3 – Kritéria pro kontrolu účinnosti hygienizace

| Indikátorový mikroorganismus | Výstup | Jednotky | Počet zkoušených vzorků při každé kontrole | | Limit (nález/KTJ) |
|--|-----------------------|-------------|--|---|-------------------|
| Salmonella sp. | Rekultivační digestát | nález v 50g | 5 | | negativní |
| Termotolerantní koliformní bakterie | Rekultivační digestát | KTJ v 1 g | 5 | 2 | <10 ³ |
| | | | | 3 | <50 |
| Enterokoky | Rekultivační digestát | KTJ v 1 g | 5 | 2 | <10 ³ |
| | | | | 3 | <50 |

Zdroj: [30]

Tabulka 4 – Hraniční koncentrace rizikových látek a prvků v RD v mg.kg^{-1} sušiny

| Sledovaný ukazatel | Třída 1 | Třída 2 | Třída 3 |
|-----------------------------|---------|---------|---------|
| As | 10 | 20 | 30 |
| Cd | 2 | 3 | 4 |
| Cr_{celkový} | 100 | 250 | 300 |
| Cu | 170 | 400 | 500 |
| Hg | 1 | 1,5 | 2 |
| Ni | 65 | 100 | 120 |
| Pb | 200 | 300 | 400 |
| Zn | 500 | 1200 | 1500 |

Zdroj: [30]

RD Třídy 1 se využívá na povrchu terénu určeného nebo používaného pro městskou zeleň.

RD Třídy 2 a 3 se využívají k pěstování energetických, technických a okrasných rostlin, ale také v okrajových částech průmyslových zón, u liniových staveb a při rekultivacích.

- c) Další využití digestátu – pokud by nemohl být využit na zemědělské či nezemědělské půdě z důvodu nadlimitního obsahu rizikových prvků nebo ho dále zpracovávat, musel by být zničen podle zákona o odpadech. Existuje ještě jedna možnost, jak digestát využít, a to je separace a usušení tuhé části s následným využitím pro výrobu tuhých alternativních paliv. Avšak tato metoda je energeticky a ekonomicky náročná, proto se zatím nevyužívá. [30]

4.2 Fugát

Fugát vzniká odstředěním digestátu v odstředivce, kdy se digestát rozdělí na tekutou část (fugát) o obsahu sušiny asi 1% a tuhou část (separát) o sušině kolem 20%. Většina již zmiňovaných vlastností je zaznamenána v předešlé kapitole o digestátu. Digestát má určité vlastnosti, a jelikož je fugát a separát oddělen od digestátu, tyto dvě složky mají vlastnosti podobné. Fugát, také se mu říká procesní voda, je tekutá složka anaerobního procesu a připomíná vodu odpadní. Bývá velmi zakalený, protože obsahuje velké množství organických látek. [27], [33]

4.3 Separát

Separát je oddělená tuhá část z digestátu. Oddělení probíhá např. pomocí odstředivek. Mluvíme o digestátu ze zemědělských BPS.

Vzniká z digestátu, který vzniká při anaerobní fermentaci. Separát obsahuje stále organické látky a živiny. Může se používat jako hnojivo na zemědělské plochy. Kdy dojde k navrácení organické hmoty půdě, a tím pádem i ke zvýšení obsahu dusíku a minerálních látek. Použití separátu jako hnojiva pomůže snížit množství choroboplodných zárodků a zároveň snížit růst plevelů. Zvýší se potenciál zadržování vody a zdvihne se účinek hnojení. [33]

Tabulka 5 – Množství organických látek a živin v separátu

| | Sušina % | Organické látky % sušiny | Obsah celkových živin (% sušiny) | | | |
|----------------|----------|--------------------------|----------------------------------|---------|---------|---------|
| | | | N | P | K | Ca |
| Separát | 19-28 | 55-85 | 1,5-3 | 0,7-1,4 | 0,3-0,8 | 1,5-4,5 |

Zdroj: [35], upraveno autorem

Tyto údaje byly zjištěny v BPS v Čechách a to v Krásné Hoře nad Vltavou a Jaroměř.

Co se týče vlastností separátu, můžeme je rozdělit podle fyzikálních a chemických vlastností.

4.3.1 Fyzikální vlastnosti

Hlavní fyzikální vlastnosti separátů jsou objemová hmotnost (OH), která je používána pro znázornění obsahu přijatelných živin (mg/l). Obsah organických (spalitelných) látek a množství popele patří k dalším vlastnostem separátu.

Hydro-fyzikální vlastnosti u separátu ze zemědělských BPS s původní vlhkostí jsou podobné a stálé. Takovéto separáty se vyznačují značnou pórovitostí a vzdušnou kapacitou. Při sušení může dojít k malé změně fyzikálních vlastností a to tak, že se zvýší objemová hmotnost (OH) a vzdušná kapacita (VzK). Pro přípravu substrátu jsou vhodné jak sušené separáty, tak separáty s původní vlhkostí. [35]

4.3.2 Chemické vlastnosti

Hlavní chemické vlastnosti separátů jsou hodnota pH, dále je to hodnota elektrické vodivosti (EC) vodního výluhu. Ta se zaměřuje na obsah rozpustných solí a přijatelných živin, jako je dusík, fosfor, draslík, hořčík a vápník. Pro proces jsou důležité jak nejvýznamnější živiny (hlavní), tak i stopové živiny, mezi které patří železo, mangan, zinek, měď, brom a molybden.

Obsah sušiny se u separátu ze zemědělských BPS pohybuje kolem 20% a objemová hmotnost suchého vzorku (OHS) je celkem nízká. Dále má, co se týče přijatelných živin velký obsah amoniakálního dusíku a draslíku a reaguje mírně zásaditě. V tabulce je znázorněno množství přijatelných živin v separátech konkrétně z BPS Krásná Hora a Petrovice. [35]

Tabulka 6 – Množství přijatelných stopových živin v separátech ze zemědělských BPS

| Separát | Fe | Mn | Zn | Cu | B | Mo |
|--------------------|---------|---------|---------|----------|----------|-------------|
| | mg/l | | | | | |
| Krásná Hora | 5,9±0,9 | 4,6±0,5 | 3,9±0,8 | 0,7±0,2 | 0,5±0,1 | 0,029±0,012 |
| Petrovice | 3,4±0,4 | 3,1±1,0 | 4,1±0,5 | 0,9±0,06 | 0,4±0,06 | 0,018±0,001 |

Zdroj: [35]

5. ZÁVLAHOVÁ VODA

Je to voda, která se používá pro závlahu. Je důležitá pro zavlažování v zemědělství a při pěstování plodin jako ovoce, zeleniny, obilnin. Většinou se zavlažuje v období, kdy jsou velká sucha. Voda použitá k zavlažování se počítá jako nejdůležitější. Bez ní bychom neměli co jíst. Většina vody, která spadne v podobě srážek nebo ve formě sněhu, se dostane zpět do toku nebo do podzemní vody. Závlahová voda se rozstříkuje po polích a zde se vsakuje nebo je odpařována do ovzduší. [37]

Tyto vody se mohou využívat na zatravněných pozemcích a zemědělských plodinách k umělému vyrovnání vláhového deficitu, při uplatnění hnojivých a jiných směsí a jako tepelná regulace například ochlazování plodin na polích. [38]

5.1 Kvalita závlahové vody

Pro výtěžek a hojnost plodin, k ochraně ŽP a zachování úrodnosti půdy, je nutno používat i kvalitní závlahovou vodu. Kvalitu závlahové vody lze zjistit pomocí chemického rozboru v laboratoři. Nejvýznamnější faktory ovlivňující kvalitu jsou pH, zasolení a stabilita půdní struktury, množství sodíku, hydrogenuhličitanů a uhličitanů, množství živin, volného chloru. [40]

Obsah solí

Negativní vliv na výnosy plodin, degradaci půdy a znečištění podzemní vody má obsah solí v zavlažovací vodě především přebytek solí v ní. [41]

Tabulka 7 – Celkový obsah solí v závlahové vodě

| Množství solí [mg/l] | Závlahová voda |
|----------------------|---|
| do 400 | Kvalitní |
| 400 – 1 000 | Vyžaduje opatrné použití, zhodnocení celého komplexu podmínek použití |
| 1 000 – 3 000 | Nebezpečná pro možnost nahromadění solí |
| 4 000 a více | Zasoluje půdu |

Zdroj: [48], upraveno autorem

5.2 Norma ČSN 75 7143 – Jakost vody pro závlahu

Tato norma byla vydána 10. 5. 1991 a platnosti nabyla 1. 5. 1992. Nahradila normu ČSN 83 0634 z roku 1971.

Jako závlahová voda mohou být využity povrchové a podzemní vody. Avšak k používání vody jako závlahové je potřeba povolení od vodohospodářského ústavu. Voda nesmí být nijak závadná, tzn. že nesmí ohrozit zdraví lidí, zvířat ani rostlin a nesmí nijak poškodit životní prostředí. Závlahové vody dělíme do tří tříd. I. třída jsou vody vhodné k závlaze, II. třída jsou vody podmíněně vhodné k závlaze a III. třída jsou vody nevhodné pro závlahu. [36]

Do I. třídy můžeme zahrnout zemědělské a lesní plochy bez omezení.

II. třída už má určitá opatření, kterými je nutno se řídit. Záleží na dané lokalitě, pro kterou se závlahová voda určuje. Podle druhu znečištění vody, podmínek v okolí místa závlahy atd. Musíme však mít přehled o množství závlahové vody a složení.

A III. třída – poslední, závlahová voda musí dosáhnout takových vlastností, která mají buď třída I. nebo třída II. Pokud jich nedosáhne, musí se řídit podmínkami pro závlahu odpadními vodami. [36]

Pro možnost využití vody jako závlahové jsou určeny ukazatele, kterými je nutno se řídit. A jsou to fyzikální, chemické, biologické a ukazatele radioaktivity.

Fyzikální ukazatele

Teplota půdy by měla být nižší než teplota závlahové vody. V jarních měsících by měla být teplota 10°C až 15°C a 15°C až 25°C v letních měsících. Co se týče pachu tak zde záleží na ovzduší a na tržní kvalitě zavlažovaných plodin. Barva vody se určuje podle způsobu závlahy a druhu zavlažované kultury. Dále se zde určují nerozpuštěné látky (NL) a to především podle velikosti, podle složení a původu. Částice, které jsou větší, než 0,10 mm zanášejí kanály a žlaby a mají nepříznivý účinek. Částice od 0,10 mm do 0,005 mm při závlaze postřikem ulpívají na listech rostlin a působí kladně na vlastnosti půdy. Částice od 0,005 mm do 0,001 mm na velmi propustných půdách mají příznivý účinek. [36]

Chemické ukazatele

Z chemického hlediska se závlahová voda posuzuje podle množství rozpuštěných látek (RL), síranů, chloridů a poměru $\text{Na}^+ : (\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+})$. Množství rozpuštěných látek závisí na jejich koncentraci ve vodě, na odolnosti plodin vůči solím a na půdních vlastnostech. Podle poměru $\text{Na}^+ : (\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+})$ záleží na aniontu, který je ve vodě obsažen nejvíce. [36]

Biologické ukazatele

Pod tyto ukazatele spadají makro a mikroorganismy. Abychom mohli zjistit jakost závlahové vody, jsou velmi důležité ukazatele mikrobiologické a to i virologické a parazitologické. [36]

Ukazatele radioaktivity

Aby se zjistilo, zda je voda vhodná pro závlahu, určuje se z hlediska radioaktivity podle celkové objemové aktivity β , obsahu ^{226}Ra , U a popřípadě další radioaktivní prvky. [36]

5.3 Zdroje vody pro závlahu

Jako závlahovou vodu můžeme používat vodu přírodní nebo vodu z alternativních zdrojů. Vodou přírodní se myslí voda dešťová a povrchová, např. z jezer nebo řek. Atmosférické podmínky určují množství dešťové vody. Co se týče povrchových vod, jsou také omezené a zcela závislé na atmosférických podmínkách. Jako alternativní zdroje závlahové vody by mohly sloužit komunální odpadní vody (KOV) a drenážní vody (DV), avšak po určité úpravě. Použití recyklovaných vod (KOV, DV) může mít záporný vliv na zdraví člověka, zvířat i rostlin. [39]

6. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

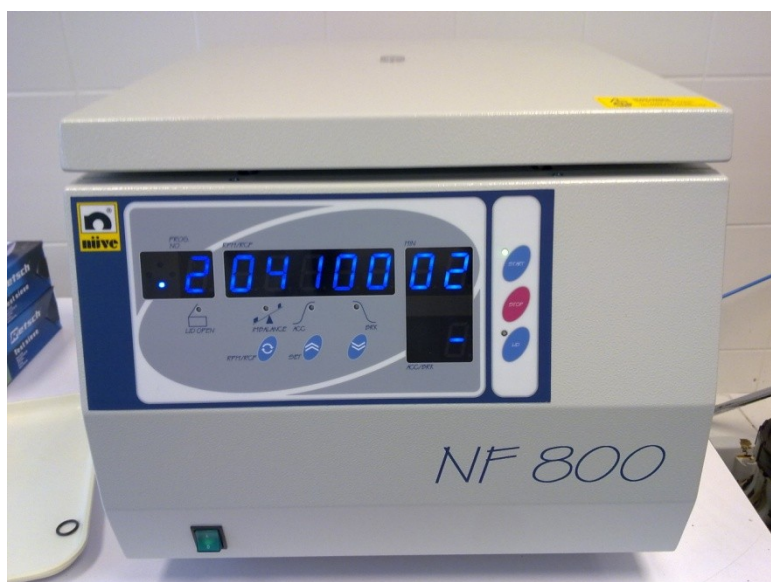
6.1 Odběr vzorků digestátu

Vzorky, které jsem zkoumala, byly odebrané z hlavního ventilu na bioplynové stanici ve Stonavě v Moravskoslezském kraji. Odebíraly se v listopadu roku 2013 a únoru roku 2014. Konkrétně můj první vzorek byl odebrán 19. 11. 2013 a druhý vzorek byl odebrán 10. 3. 2014.

6.2 Odstředění vzorků

Vzorky jsem odstřeďovala v přístroji NF 800, který je součástí laboratoře na VŠB-TUO.

Obrázek 10 - Přístroj NF 800



Zdroj: autor

Vzorek digestátu jsem dala do čtyř uzavíratelných kyvet.

Obrázek 11 - Vzorek v kyvetách



Kyvety jsem dala do přístroje a nastavila jsem na 4100 otáček za minutu po dobu 5 minut. Po 5 minutách jsem z odstředivky vyjmula kyvety s odstředěným vzorkem. Ten se skládal z tuhé složky – separátu na dně kádinky.

Obrázek 12 - Separát



Dále bylo fázové rozhraní mezi tuhou a tekutou složkou a nad fázovým rozhraním byla tekutá složka – fugát.

Obrázek 13 - Popis odstředěného vzorku



Tekutou složku – fugát jsem si slila do vzorkovnice, která pak byla odeslána na rozbor do akreditované laboratoře M O R A V A s.r.o. ve Studénce. Dále jsem odstředila ještě druhý vzorek, stejným způsobem jako ten první. Fugát jsem tentokrát zředila v poměru 10:1. Vzorkovnice měla objem 2000 ml., tzn. 200 ml fugátu a 1800 ml vody. A opět jsem odeslala vzorek do laboratoře.

6.3 Chemický rozbor fugátu

O chemický rozbor fugátu jsme požádali laboratoř M O R A V A s.r.o. ve Studénce. Ve fugátu jsem potřebovala zjistit množství chloridů, síranů, rozpuštěných látek a poměru $\text{Na}^+ : (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$. Laboratoř to stanovovala podle ČSN.

6.3.1 Stanovení chloridů

Stanovení chloridů se řídí normou ČSN ISO 9297 – Jakost vod. Stanovení chloridů. Argentometrické stanovení s chromanovým indikátorem (metoda podle Mohra). Tato norma byla vydána v roce 1996 a to k 1. únoru.

Jedná se o metodu odměrnou, kterou se stanovují chloridy ve vodě. Tuto metodu nelze použít k určení chloridů u velmi znečištěných odpadních vod, s nízkým obsahem chloridů z důvodu mnoha rušivých prvků.

Po přidání iontů stříbra reagují chloridy tvorbou nerozpustného chloridu stříbrného, tato sloučenina se kvantitativně sráží. Přebytek stříbrných iontů při reakci s chromanovými ionty dává červenohnědé zbarvení chromanu stříbrného. Chromanové ionty se do reakce dostaly jako indikátor. Tato reakce slouží k určení bodu ekvivalence. [46]

6.3.2 Stanovení síranů

Sírany stanovujeme podle normy ČSN 75 7477 - Jakost vod – Stanovení rozpuštěných síranů - Odměrná metoda s dusičnanem olovnatým. Norma byla vydána 1. 3. 2010. Má dvě provedení: první je základní a druhé je pro stanovení nízkých koncentrací.

Metoda je využitelná pro stanovení rozpuštěných síranů ve vodách, ale nelze použít v případě silně znečištěných odpadních vod. Máme-li vyšší koncentraci síranů, zkoušený titrovaný objem vzorku je menší. Pokud jsou odstraněny rušivé vlivy nebo se nijak neprojeví, je možno vzorek opatrně odpařit, ale ne do úplného vysušení. Tím lze hranice stanovení snížit. [44]

6.3.3 Stanovení rozpuštěných látek

Stanovení RL se řídí dvěma normami. První norma je ČSN 75 7346 – Jakost vod – Stanovení rozpuštěných látek. A druhá norma je ČSN 75 7347 – Jakost vod – Stanovení rozpuštěných anorganických solí (RAS) v odpadních vodách – Gravimetrická metoda po filtraci filtrem ze skleněných vláken.

Norma **ČSN 75 7346 – Jakost vod – Stanovení rozpuštěných látek**. Byla vydána 1. 6. 2002. Slouží ke gravimetrickému stanovení rozpuštěných látek sušených a žíhaných v odlišných skupinách vod. Jako rozpuštěné látky se pokládají látky, které projdou přes filtr s velikostí póru 0,45 μ m. Přefiltrovaný vzorek se odpaří do sucha a při teplotě 105⁰C se odparek vysuší. Množství odparku (rozpuštěných látek sušených - RLS) zjistíme zvážením. RLS dále vyžeháme při teplotě 550⁰C. Množství rozpuštěných látek žíhaných – RLŽ stanovíme zvážením. [42]

Norma **ČSN 75 7347 – Jakost vod – Stanovení rozpuštěných anorganických solí (RAS) v odpadních vodách – Gravimetrická metoda po filtraci filtrem ze skleněných vláken**. Byla vydána 1. 4. 2009. Tato norma specifikuje referenční gravimetrickou metodu stanovení rozpuštěných anorganických solí (RAS), abychom mohli hodnotit znečištění odpadních vod podle legislativy. Je vhodná pro vzorky OV s koncentrací RAS od 100 mg/l do 2 500 mg/l. [43]

6.3.4 Stanovení vápníku a hořčíku

Vápník a hořčík se stanovují podle ČSN ISO 7980 – Jakost vod. Stanovení vápníku a hořčíku. Metoda atomové absorpční spektrometrie (AAS), která byla vydána 1. 2. 1995.

Pokud se jedná o vzorky s vyšší koncentrací Ca a Mg je potřeba vzít menší množství k analýze. Jde o měření plamenovou atomovou absorpční spektrometrií za přídavku chloridu lanthanitého anebo chloridu cesného. Absorpce hořčíku se měří při 285,2 nm a vápníku při 422,7 nm. [45]

6.3.5 Stanovení sodíku

Stanovuje se na základě normy ČSN ISO 9964-3- Jakost vod. Stanovení sodíku a draslíku. Část 3: Stanovení sodíku a draslíku metodou plamenové emisní spektrometrie. Vydaná byla 1. 1. 1996.

Má tři části: - 1. část je stanovení sodíku metodou AAS, 2. část je stanovení draslíku pomocí AAS a 3. část je stanovení sodíku a draslíku pomocí plamenové emisní spektrometrie (FES). Poslední metoda je určená k rozboru surové a pitné vody. Pokud vzorky obsahují vyšší koncentrace sodíku a draslíku, měly by se používat menší objemy.

Dochází ke zmlžování vzorku do plynového plamene dostatečné termální energie, působením této energie emitují přítomný sodík a draslík charakteristická záření. Při vlnové délce 589,0 se měří intenzita záření sodíku. Pokud se využívá plamen vzduch/acetylen, je nutné přidávat roztok chloridu cesného, aby došlo k potlačení ionizace. [47]

6.4 Posouzení vlastností fugátu s ohledem na využití pro závlahu

Vlastnosti fugátu jsem posuzovala z chemického hlediska. Závlahová voda se řídí normou ČSN 75 7143 – Jakost vody pro závlahu. V této normě jsou stanovené limity pro závlahovou vodu.

6.4.1 Chloridy

Tabulka 8 – Množství chloridů ve fugátu

| Fugát | Cl ⁻ [mg/l] |
|----------------|------------------------|
| Nezředěný | 929 |
| Zředěný (1:10) | 89,0 |

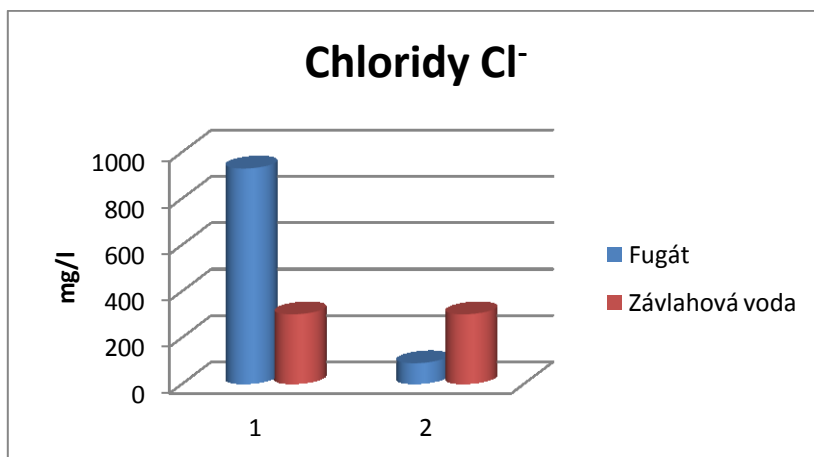
Tabulka 9 – Množství chloridů v závlahové vodě

| Závlahová voda | Jednotky | Vhodná voda | Podmíněně vhodná voda | Nevhodná voda |
|-----------------|----------|-------------|-----------------------|---------------|
| Cl ⁻ | mg/l | 300 | 400 | >400 |

Zdroj: [36]

Jak je zřejmé z tabulky číslo 7, nezředěný fugát má množství chloridů 929 mg/l což podle tabulky číslo 8 nevyhovuje podmínkám pro závlahovou vodu. Pokud bychom fugát naředili v poměru 1:10, množství chloridů by bylo 89,0 mg/l, což už podmínkám vyhovuje. Kdybychom chtěli nezředěný vzorek přesto použít k závlaze, muselo by dojít k takovým úpravám, aby ho šlo použít a odpovídal údajům v tabulce.

Graf 1 - Množství chloridů fugátu ve srovnání se závlahovou vodou



Co se týče grafu, sloupec číslo 1 je nezředěný fugát, kdežto sloupec číslo 2 je fugát zředěný. Když vezmeme rozdíl fugátu před zředěním a po zředění, je zde vidět velký rozdíl. Jelikož jsem ředila 10x, je množství chloridů 10x menší než u nezředěného fugátu. Závlahová voda se nijak neředila. Zředění se týká pouze fugátu.

Stanovení v laboratoři VŠB-TUO

Chloridy jsem zkoušela stanovovat i v laboratoři na VŠB-TUO. Měla jsem vzorky digestátu, který se odebíral 10. 3. 2014 na BPS Stonava. Tento digestát jsem opět odstředila v přístroji NF 800. Z odstředěného digestátu jsem oddělila tekutou složku – fugát do vzorkovnice, a poté ho zředila. V jedné vzorkovnici byl fugát zředěný v poměru 1:100 a ve druhé 1:10. Fugát 1:100 byl světle hnědý až průhledný a neobsahoval žádné jiné látky. Fugát zředěný 1:10 byl neprůhledný a hodně tmavý. Stanovovala jsem chloridy argentometricky podle toho, jak stanovovali chloridy v laboratoři.

Ze **vzorku 1:100**, jsem si odlila 50 ml, dala do titrační baňky a dolila na 100 ml destilovanou vodou. Jako indikátor jsem používala 5 % roztok chromanu draselného. Do roztoku jsem dala 1 ml, a to způsobilo, že se roztok zbarvil do sytě žluté barvy. Dále jsem titrovala roztok pomocí dusičnanu stříbrného AgNO_3 o koncentraci $0,05\text{mol/dm}^3$. Titraci jsem provedla dvakrát a množství spotřebovaného dusičnanu stříbrného jsem si zapsala. Bod ekvivalence (přeměny) se projevil změnou barvy na světle cibulovou až béžovou. Poté jsem si vzala destilovanou vodu a provedla slepé stanovení. Hodnoty, které mi vyšly, jsou 0,53 ml a 0,48 ml spotřebovaného titračního roztoku a u slepého stanovení to bylo 0,33 ml. Dále jsem zjišťovala, pomocí výpočtu, jaký byl obsah chloridů v tomto roztoku. První jsem musela udělat aritmetický průměr z objemů a odečíst od nich slepé stanovení.

$$V_{\bar{c}} = \left(\frac{V_1 - V_2}{2} \right) - V_s = \left(\frac{0,53\text{ml} - 0,48\text{ml}}{2} \right) - 0,33\text{ml} = 0,175\text{ml}$$

Dále jsem zjišťovala množství chloridů ve vzorku pomocí vzorce:

$$c_{hm} = \frac{V_{\bar{c}} \cdot c_{\bar{c}} \cdot f_t \cdot M_r \cdot 1000}{V_A} = \frac{0,175\text{ml} \cdot 0,05\text{mol/l} \cdot 1 \cdot 35,45\text{g/mol} \cdot 1000}{50\text{ml}} = 6,2\text{mg/l}$$

kde: $V_{\bar{c}}$ je spotřeba odměrného roztoku AgNO_3 při titraci v cm^3 ,

c_{c} ...přesné koncentrace odměrného roztoku AgNO_3 v mol/dm^3 ,

f_t ...titrační faktor, 1

V_A ...alíkvotní objem vzorku použitý k titraci v cm^3 ,

M_r ...molární koncentrace chloridových iontů je 35,45 g/mol,

c_{hm} ...hmotnostní koncentrace chloridů ve vzorku v mg/dm^3 .

Objem chloridů ve vzorku zředěném 1:100 mi vyšel 6,2 mg/l. Bohužel ve vzorku zředěném 1:10 se mi stanovení nepodařilo provést. Jelikož byl vzorek velmi tmavý a nešla rozeznat barevná přeměna neboli bod ekvivalence. Taky musím uvážit, že jsem fugát zředila a je zřejmé, že pracuji s velkou chybou.

6.4.2 Sírany

Tabulka 10 – Množství síranů ve fugátu

| Fugát | SO_4^{2+} [mg/l] |
|----------------|---------------------------|
| Nezředěný | 91,0 |
| Zředěný (1:10) | 14,8 |

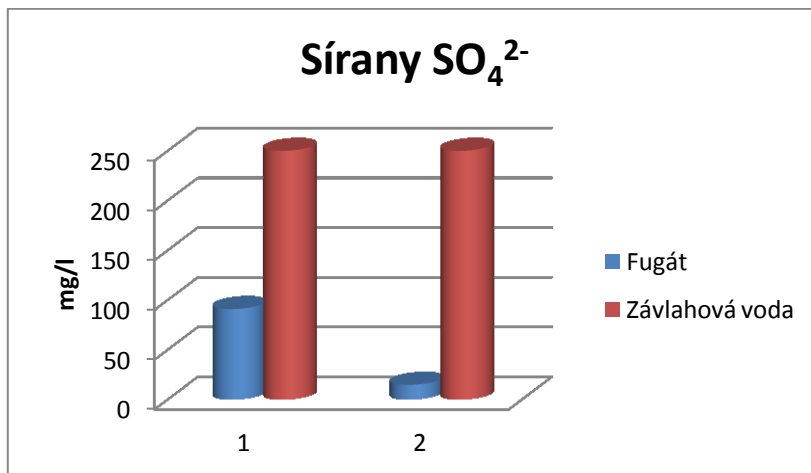
Tabulka 11 – Množství síranů v závlahové vodě

| Závlahová voda | Jednotky | Vhodná voda | Podmíněně vhodná voda | Nevhodná voda |
|--------------------|----------|-------------|-----------------------|---------------|
| SO_4^{2+} | mg/l | 250 | 300 | >300 |

Zdroj: [36]

Při stanovení síranů jsem zjistila, že množství síranů ve fugátu jak nezředěném tak i zředěném, vyhovuje podmínkám pro závlahovou vodu. Množství síranů u nezředěného fugátu je 91,0 mg/l, čímž se vešel do rozmezí 0-250 mg/l a je brán jako voda vhodná pro závlahu. Zde by nebylo zapotřebí vodu ředit.

Graf 2 - Množství síranů ve fugátu ve srovnání se závlahovou vodou



Z grafu je zřejmé, že množství síranů ve fugátu je menší než maximální množství síranů povolených v závlahové vodě. Fugát v levém sloupci je nezředěný, fugát v pravém sloupci je zředěný.

6.4.3 Poměr Na^+ : ($\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$)

Tabulka 12 – Množství Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} ve fugátu

| Fugát | Na^+ [mg/l] | Ca^{2+} [mg/l] | Mg^{2+} [mg/l] |
|----------------|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| Nezředěný | 204 | 442 | 96,6 |
| Zředěný (1:10) | 19,6 | 43,3 | 9,57 |

Abych mohla dále určit, zda je fugát vhodný pro závlahu, musela jsem přepočítat mg/l na mmol/l. K tomu přepočtu slouží vzorec, který je uvedený níže. Co se týče výsledků, opět byl fugát jednou nezředěný a poté zředěný. Stále ve stejném poměru 1:10, proto jsou výsledky zředěného fugátu 10x menší.

Tabulka 13 – Množství Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} v závlahové vodě

| Závlahová voda – třídy | Sloučeniny Na | Poměr $\text{Na}^+ : (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ v mmol/l | | |
|------------------------------|--------------------|--|-----------------------|---|
| | | Půdy těžké bez přirozeného odtoku podzemní vody | Půdy středně těžké | Půdy lehké s přirozeným odtokem |
| Vhodná voda | SO_4^{2-} | <1,0 až 0,67 | <2,0 | Mohou být překročeny limity pro středně těžké půdy |
| | Cl^- | <0,5 až 0,33 | <1,0 | |
| | CO_3^{2-} | <0,33 až 0,22 | <0,67 | |
| Podmíněně vhodná voda | SO_4^{2-} | 1,0 až 0,67 | 2,0 | |
| | Cl^- | 0,5 až 0,33 | 1,0 | |
| | CO_3^{2-} | 0,33 až 0,22 | 0,67 | |
| Nevhodná voda | SO_4^{2-} | >1,0 až 0,67 | >2,0 | |
| | Cl^- | >0,5 až 0,33 | >1,0 | |
| | CO_3^{2-} | >0,33 až 0,22 | >0,67 | |

Zdroj: [36]

Přepočítání na mmol/l podle ČSN 75 7143:

a) Nezředěný fugát

$$\frac{\text{mmol}}{l} = \frac{\frac{Na}{22,99}}{\frac{Ca}{40,08} + \frac{Mg}{24,32}} \text{mg/l}$$

$$\frac{\text{mmol}}{l} = \frac{\frac{204}{22,99}}{\frac{442}{40,08} + \frac{96,6}{24,32}} = 0,59 \text{mmol/l}$$

Poměr u nezředěného fugátu mi vyšel 0,59 mmol/l, což podle tabulky číslo 12 říká, že fugát má poměr větší než 0,5, proto není vhodný pro závlahu, pouze půd těžkých bez přirozeného odtoku podzemní vody. Pro půdy středně těžké je 0,59 menší než 0,67, což odpovídá tomu, že fugát je vhodný pro závlahu středně těžkých půd.

b) Zředěný fugát

$$\frac{mmol}{l} = \frac{\frac{Na}{22,99}}{\frac{Ca}{40,08} + \frac{Mg}{24,32}} mg/l$$

$$\frac{mmol}{l} = \frac{\frac{19,6}{22,99}}{\frac{43,3}{40,08} + \frac{9,57}{24,32}} = 0,58 mmol/l$$

Poměr u zředěného fugátu mi vyšel 0,58 mmol/l, to podle tabulky číslo 12 znamená, že fugát má poměr větší než 0,5 a proto není vhodný pro závlahu, pouze půd těžkých bez přirozeného odtoku podzemní vody. Ale pro půdy středně těžké je 0,58 menší než 0,67, což podle tabulky odpovídá tomu, že fugát je vhodný pro závlahu středně těžkých půd.

6.4.4 Rozpuštěné látky při 105⁰C

Tabulka 14 – Množství RL ve fugátu

| Fugát | RL [mg/l] |
|----------------|-----------|
| Nezředěný | 11 100 |
| Zředěný (1:10) | 1 150 |

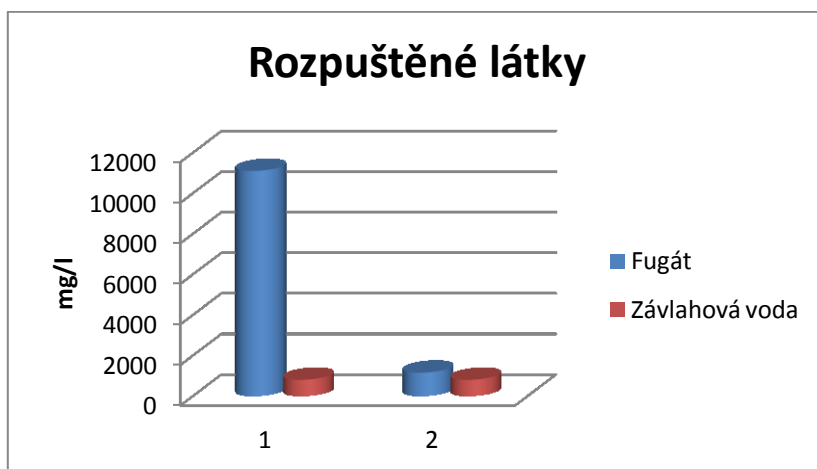
Tabulka 15 – Množství RL v závlahové vodě

| Závlahová voda | Jednotky | Vhodná voda | Podmíněně vhodná voda | Nevhodná voda |
|----------------|----------|-------------|-----------------------|---------------|
| RL | mg/l | 800 | 1 200 | >1 200 |

Zdroj: [36]

Fugát nezředěný měl obsah rozpuštěných látek 11 100 mg/l, čímž se nevešel do množství vhodného pro závlahu. Fugát zředěný jich měl 1 150 mg/l, ten se o kousek vešel do vody podmíněně vhodné. Což znamená, že by musela být zvláštní opatření pro lokality, ve kterých by se tato voda využívala.

Graf 3 - Množství rozpuštěných látek ve fugátu ve srovnání se závlahovou vodou



Z grafu je patrné, že nezředěná forma fugátu se nevešla do množství určeného pro závlahu. Zředěná forma fugátu odpovídá vodě podmíněně vhodné.

7. ZÁVĚR

Došla jsem k tomuto závěru. Pokud se týče využití fugátu jako závlahové vody, tak nelze využít fugát nezředěný. Podle rozboru jsou jediným chemickým ukazatelem, který vyhovuje podmínkám pro závlahovou vodu, sírany a to v množství 91,0 mg/l. Závlahová voda stanovuje maximální množství síranů na 250 mg/l, je ještě využitelná i při množství 300 mg/l, ale je nutné stanovit podmínky pro přilehlé obce a kontrolovat množství živin v půdě. Hodnota rozpuštěných látek (RL) je několikanásobně větší než dovolené množství pro závlahu. V tomto případě vyšly hodnoty 11 100 mg/l, povolené hodnoty jsou 800 mg/l maximálně však 1 200 mg/l opět při stanovení podmínek pro okolí. Chloridy také překročily limit, který je 300 mg/l, ve fugátu bylo množství chloridů 929 mg/l, což spadá do kategorie vod nevhodných pro závlahu. A poslední sledovaný chemický ukazatel byl poměr $\text{Na}^+ : (\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+})$. Zde se určovaly zvlášť chemické prvky ve vzorku a dle přepočtu jsem došla k výsledku 0,59 mmol/l. Podle tohoto výsledku jsem zjistila, že množství odpovídá vodě nevhodné pro půdy těžké bez přirozeného odtoku podzemní vody, ale je vhodný pro půdy středně těžké. Verdikt pro fugát nezředěný zní, že voda není vhodná pro závlahu.

Fugát zředěný ať už v poměru 1:10 nebo 1:100 by teoreticky byl vhodný pro závlahu. Většina chemických ukazatelů vyhovuje rozmezí pro vody vhodné určeného normou. Nerozpuštěné látky spadají do vod podmíněně vhodných pro závlahu s množstvím 1 150 mg/l. Co se týče poměru $\text{Na}^+ : (\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+})$ tak mi vyšla hodnota 0,58 mg/l, což stejně jako u fugátu nezředěného vyhovuje pouze pro půdy středně těžké.

Fugát jako celek, má velké množství živin, proto bych doporučila dále ho využívat jako závlahovou vodu na zemědělské pole. Fugát by se musel ředit, protože u nezředěného fugátu neodpovídají chemické ukazatele normě.

Jedna z variant, jak by se dal fugát ředit, je vystavět v areálu BPS nádrže na dešťovou vodu, aby bylo možné fugát ředit přímo na místě. Dále by se využíval jako závlahová voda s odpovídajícími parametry. Muselo by se brát v úvahu, že pokud je fugát „jenom“ voda odstředěná z digestátu, můžeme zde najít malé množství nerozpuštěných látek, které by mohly pomoci při hnojení a růstu rostlin na poli. Pak by bylo nutné zjistit, zda by mohlo dojít k usazení těchto látek při zavlažování v zavlažovacím zařízení. Případně do jaké míry by k usazení mohlo dojít a jak by bylo možné tyto usazeniny

odstranit. Norma pro závlahové vody se nevěnuje amoniakálnímu dusíku a fosforu. Z dřívějších stanovení víme, že fugát obsahuje velké množství těchto látek. A to 187 mg/l fosforu a 2 630 mg/l amoniakálního dusíku. Tyto hodnoty platí pro fugát z BPS Stonava. Další možností je čištění fugátu za účelem získání tuhé fáze vhodné např. k doplnění půdních částic a hnojení a kapalně fáze, která bude lépe vyhovovat požadavkům na závlahovou vodu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Co je to bio plynová stanice?. *EnviWeb s.r.o.* [online]. 2003-2012 [cit. 2014-03-05]. Dostupné z: http://www.enviweb.cz/page/co_je_to_bioplynka
- [2] Schéma bioplynové stanice. *Agrikomp.cz* [online]. [cit. 2014-03-05]. Dostupné z: <http://www.agrikomp.de/cz/ke-stazeni.html>
- [3] *CALLA: Atlas* [online]. 2008 [cit. 2014-03-05]. Dostupné z: <http://www.calla.cz/atlas/detail.php?id=1940>
- [4] *BIOGASTECHNIK: Reference* [online]. [cit. 2014-03-05]. Dostupné z: <http://www.biogastechnik.de/cz/reference/funkcni-bps-agrikomp-v-cr/385-cz-05-horni-tosanovice-okr-fm.html>
- [5] *CALLA: Atlas* [online]. 2008 [cit. 2014-03-05]. Dostupné z: <http://www.calla.cz/atlas/detail.php?kat=1&id=1943>
- [6] *BPS Klokočov* [online]. 2001-2009 [cit. 2014-03-05]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/produkty-a-sluzby/bioplynove-stanice/bioplynova-stanice-klokocov>
- [7] *BIOPROJEKT: Bioplynová stanice Pustějov* [online]. 2012 [cit. 2014-03-05]. Dostupné z: <http://www.bioproject.cz/bioplynova-stanice.php?ID=19>
- [8] Vítkovice power engineering otevřeli bioplynovou stanici. *All for power* [online]. 2008, - [cit. 2014-03-05]. Dostupné z: <http://www.allforpower.cz/clanek/vitkovice-power-engineering-otevrel-bioplynovou-stanici/>
- [9] *CALLA: Atlas* [online]. 2008 [cit. 2014-03-05]. Dostupné z: <http://www.calla.cz/atlas/detail.php?kat=1&id=1735>
- [10] Biom.cz. *BPS Pustějov* [online]. 2001-2009 [cit. 2014-03-05]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/produkty-a-sluzby/bioplynove-stanice/bioplynova-stanice-pustejov>
- [11] Czba. *BPS Pustějov* [online]. 2001-2009 [cit. 2014-03-05]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/produkty-a-sluzby/bioplynove-stanice/bioplynova-stanice-pustejov>

- [12] FARMA STONAVA. *Bioplynová stanice Stonava* [online]. 2006-2014 [cit. 2014-03-11]. Dostupné z: http://www.farmastonava.cz/bioplynova-stanice/fotogalerie/13_fotogalerie-bioplynova-stanice_1.html
- [13] CALLA: *Atlas* [online]. 2008 [cit. 2014-03-11]. Dostupné z: <http://www.calla.cz/atlas/detail.php?id=1737>
- [14] KOCH, RADEK. Popis bioplynové stanice ve Stonavě. In: *Farma.stonava.cz* [online]. 2006-2014 [cit. 2014-03-11]. Dostupné z: <http://www.farmastonava.cz/bioplynova-stanice/cs/popis-technologie.html>
- [15] Bioplynová stanice Třeština. *Biom.cz* [online]. 2001-2009 [cit. 2014-03-11]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/produkty-a-sluzby/bioplynovy-stanice/bioplynova-stanice-trestina>
- [16] CALLA: *Atlas* [online]. 2008 [cit. 2014-03-11]. Dostupné z: <http://www.calla.cz/atlas/detail.php?kat=1&id=2126>
- [17] *EnviTec - Biogas: CentralEurope* [online]. - [cit. 2014-03-11]. Dostupné z: http://www.envitec-biogas.cz/fileadmin/References/CzechRepublic/Anlagensteckbrief%20Tre%C5%A1tina_CZ.pdf
- [18] *Biom.cz: Produkty a služby* [online]. 2001-2009 [cit. 2014-03-11]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/produkty-a-sluzby/bioplynovy-stanice/bioplynova-stanice-trestina>
- [19] BRANDEJSOVÁ, Ing. Eliška a Ing. Zdeněk PŘIBYLA. BIOPLYNOVÉ STANICE: *Zásady zřizování a provozu plynového hospodářství*. Praha: GAS s.r.o., 2010. ISBN 978-80-7328-228-8.
- [20] DOHÁNYOS, Michal: *Anaerobní reaktor není černou skřínkou - teoretické základy anaerobní fermentace*. *Biom.cz* [online]. 2008-11-17 [cit. 2014-03-29]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/anaerobni-reaktor-neni-cernou-skrinkou-teoreticke-zaklady-anaerobni-fermentace>. ISSN: 1801-2655.
- [21] Anaerobní technologie. BIOPROFIT s.r.o. [online]. 2007 [cit. 2014-03-29]. Dostupné z: http://www.bioplyn.cz/at_popis.htm

- [22] SCHULZ, Heinz a Barbara EDER. *Bioplyn v praxi*. Přel. ŠEDIVÁ, Marie, 1. české vydání. Ostrava: HEL, 2004. ISBN 80-86167-21-6.
- [23] Bioplyn. *Cs.wikipedia.org* [online]. 2005 [cit. 2014-03-29]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Bioplyn>
- [24] Bioplynová stanice. *Enviwiki.cz* [online]. 2013 [cit. 2014-03-29]. Dostupné z: http://www.enviwiki.cz/wiki/Bioplynov%C3%A1_stanice#Produkty_anaerobn.C3.AD_dig_esce
- [25] Vlastnosti bioplynu. *Bioplynscs.cz* [online]. 2008 [cit. 2014-03-29]. Dostupné z: http://bioplynscs.cz/vlastnosti_bioplynu
- [26] What is Digestate?. In: *Biogas-info* [online]. - [cit. 2014-04-01]. Dostupné z: <http://www.biogas-info.co.uk/index.php/what-is-digestate.html>
- [27] Digestát. In: *Enviweb* [online]. - [cit. 2014-04-01]. Dostupné z: http://www.enviweb.cz/page/co_je_to_bioplynka
- [28] VEČEŘOVÁ, Veronika. Digestát jako hnojivo. *CALLA.CZ* [online]. říjen 2008 [cit. 2014-04-01]. Dostupné z: <http://www.calla.cz/data/energetika/seminare/bioplyn/VecerovaBPS.pdf>
- [29] Anaerobic Digestion: Digestate. *Environment-agency.gov.uk* [online]. 2013 [cit. 2014-04-01]. Dostupné z: <http://www.environment-agency.gov.uk/business/sectors/32601.aspx>
- [30] MARADA, Petr, Veronika VEČEŘOVÁ, Luděk KAMARÁD, Petra DUNDÁLKOVÁ a Jan MAREČEK. Příručka pro nakládání s digestátem a fugátem. In: *Eagri.cz* [online]. 2008 [cit. 2014-04-01]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/32326/ETAPA_IV_Metodika_digestt_FV.pdf
- [31] Digestate. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2014-04-01]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Digestate>

- [32] Hadicové aplikátory. In: *Vpp.sk* [online]. 2008 [cit. 2014-04-01]. Dostupné z: <http://www.vpp.sk/pages/polnohospodarske-stroje/fekalne-cisterny-pichon/aplikacia-fekalu/hadicove-aplikatory-a-rozstrekovace-pre-plosnu-aplikaciu/hadicove-aplikatory.php#>
- [33] Jak využít fermentační zbytek. In: *Bioplyn.cz* [online]. 2008 [cit. 2014-04-01]. Dostupné z: http://bioplyn.cz/vyuziti_fermentacniho_zbytku
- [34] Ovlivnění kvality digestátu bioplynových stanic vzhledem. In: *EAGRI.CZ* [online]. Září 2010 [cit. 2014-04-03]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/93920/Ovlivneni_kvality_digestatu_bioplynovych_stanic_vzhledem_k_jeho_naslednemu_vyuziti_jako_hnojive_zalivky_v_rostlinne_vyrobe.pdf
- [35] TLUSTOŠ, Pavel. *Využití pevné složky digestátu pro přípravu pěstebních substrátů: certifikovaná metodika*. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2013. 20 s. ISBN 978-80-213-2430-5. Certifikovaná metodika. ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE.
- [36] ČSN 75 7143. *Jakost vody pro závlahu*. Praha: VYDAVATELSTVÍ NOREM, 1991.
- [37] Irrigation water use. *Water.usgs.gov* [online]. 2000 [cit. 2014-04-03]. Dostupné z: <https://water.usgs.gov/edu/wuir.html>
- [38] KRÁTKÝ, Michal. *Závlahy zemědělských plodin a zatravněných pozemků*. 2013.
- [39] Irrigation water: Water use for irrigation. *Lenntech.com* [online]. 1998-2014 [cit. 2014-04-03]. Dostupné z: <http://www.lenntech.com/applications/irrigation/irrigation-water.htm>
- [40] Irrigation water quality. *Lenntech.com* [online]. 1998-2014 [cit. 2014-04-03]. Dostupné z: <http://www.lenntech.com/applications/irrigation/quality/irrigation-water-quality.htm>
- [41] Salinity Hazard: Salt content in irrigation water. *Lenntech.com* [online]. 1998-2014 [cit. 2014-04-03]. Dostupné z: <http://www.lenntech.com/applications/irrigation/salinity/salinity-hazard-irrigation.htm>

- [42] ČSN 75 7346. In: *Technickenormy.cz* [online]. 2008 [cit. 2014-04-09]. Dostupné z: <http://www.technickenormy.cz/csn-75-7346-jakost-vod-stanoveni-rozpustenych-latek/>
- [43] ČSN 75 7347. In: *Technickenormy.cz* [online]. 2008 [cit. 2014-04-09]. Dostupné z: <http://www.technickenormy.cz/csn-75-7347-jakost-vod-stanoveni-rozpustenych-anorganickych-soli-ras-v-odpadnich-vodach-gravimetricka-metoda-po-filtraci-filtrem-ze-sklenenych-vlaken/>
- [44] ČSN 75 7477. In: *Technickenormy.cz* [online]. 2008 [cit. 2014-04-09]. Dostupné z: <http://www.technickenormy.cz/csn-75-7477-jakost-vod-stanoveni-rozpustenych-siranu-odmerna-metoda-s-dusicnanem-olovnatym/>
- [45] ČSN ISO 7980. In: *Technickenormy.cz* [online]. 2008 [cit. 2014-04-09]. Dostupné z: <http://www.technickenormy.cz/csn-iso-7980-jakost-vod-stanoveni-vapniku-a-horciku-metoda-atomove-absorpcni-spektrometrie/>
- [46] ČSN ISO 9297. In: *Technickenormy.cz* [online]. 2008 [cit. 2014-04-09]. Dostupné z: <http://www.technickenormy.cz/csn-iso-9297-jakost-vod-stanoveni-chloridu-argentometricke-stanoveni-s-chromanovym-indikátorem-metoda-podle-mohra/>
- [47] ČSN ISO 9964-3. In: *Technickenormy.cz* [online]. 2008 [cit. 2014-04-09]. Dostupné z: <http://www.technickenormy.cz/csn-iso-9964-3-jakost-vod-stanoveni-sodiku-a-drasliku-cast-3-stanoveni-sodiku-a-drasliku-metodou-plamenove-emisni-spektrometrie/>
- [48] Hodnocení závlahové vody. Web2.mendelu.cz [online]. 2010 [cit. 2014-04-19]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/laborator/index.php?N=3&I=4&J=0&K=0

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|--|----|
| Obrázek 1 - Schéma bioplynové stanice – jednoduché | 2 |
| Obrázek 2 - Fermentory Horní Tošanovice | 6 |
| Obrázek 3 - Nakládání do dávkovače..... | 7 |
| Obrázek 4 - Fermentory BP Pustějov..... | 8 |
| Obrázek 5 - Stonava | 10 |
| Obrázek 6 - BPS Třeština | 12 |
| Obrázek 7 - Schéma anaerobní fermentace | 13 |
| Obrázek 8 - 4. fáze anaerobní fermentace | 14 |
| Obrázek 9 - Hadicové aplikátory | 20 |
| Obrázek 10 - Přístroj NF 800..... | 29 |
| Obrázek 11 - Vzorek v kyvetách..... | 30 |
| Obrázek 12 - Separát | 30 |
| Obrázek 13 - Popis odstředěného vzorku | 31 |

SEZNAM GRAFŮ

| | |
|---|----|
| Graf 1 - Množství chloridů fugátu ve srovnání se závlahovou vodou | 34 |
| Graf 2 - Množství síranů ve fugátu ve srovnání se závlahovou vodou | 37 |
| Graf 3 - Množství rozpuštěných látek ve fugátu ve srovnání se závlahovou vodou..... | 40 |

SEZNAM TABULEK

| | |
|--|----|
| Tabulka 1 - Srovnání základních vlastností různých bioplynů | 17 |
| Tabulka 2 – Limitní hodnoty rizikových prvků v organických hnojivech | 20 |
| Tabulka 3 – Kritéria pro kontrolu účinnosti hygienizace | 22 |
| Tabulka 4 – Hraniční koncentrace rizikových látek a prvků v RD v mg.kg ⁻¹ sušiny | 23 |
| Tabulka 5 – Množství organických látek a živin v separátu | 24 |
| Tabulka 6 – Množství přijatelných stopových živin v separátech ze zemědělských BPS .. | 25 |
| Tabulka 7 – Celkový obsah solí v závlahové vodě | 26 |
| Tabulka 8 – Množství chloridů ve fugátu..... | 34 |
| Tabulka 9 – Množství chloridů v závlahové vodě | 34 |
| Tabulka 10 – Množství síranů ve fugátu | 36 |
| Tabulka 11 – Množství síranů v závlahové vodě..... | 36 |
| Tabulka 12 – Množství Na ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ ve fugátu..... | 37 |
| Tabulka 13 – Množství Na ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ v závlahové vodě | 38 |
| Tabulka 14 – Množství RL ve fugátu..... | 39 |
| Tabulka 15 – Množství RL v závlahové vodě | 39 |

SEZNAM PŘÍLOH

| | |
|--|----|
| Příloha 1 - Protokol z laboratoře M O R A V A s.r.o. – nezředěný fugát | 50 |
| Příloha 2 – Protokol z laboratoře M O R A V A s.r.o. – zředěný fugát | 51 |

Příloha 1 - Protokol z laboratoře M O R A V A s.r.o. – nezředený fugát

Laboratoř M O R A V A s.r.o.
Oderská 456, 742 13 Studénka
Tel. 556 400 333, fax. 556 413 092
IČO: 25399951, DIČ: CZ 25399951
E-mail: info@laborator-morava.cz, web: www.laborator-morava.cz

Zákazník:
VŠB
17. listopadu 15
708 33 Ostrava - Poruba

PROTOKOL O ZKOUŠCE č. 2865/14
Výsledky rozboru vzorku fugátu

Místo odběru: BPS Stonava
Vzorek odebral: zákazník
Identifikace: fugát
Způsob odběru: neuvedeno
Označení zákazníka: fugát

Datum odběru: 19.02.2014
Hodina odběru: neuvedeno
Datum příjmu: 26.2.2014
Datum analýz: 26.2. - 28.2.2014

VÝSLEDKY ANALÝZ

| Ukazatel | výsledek | jednotka | metoda |
|----------------------------|----------|----------|-----------------------------|
| Chloridy | 929 | mg/l | SOP 54 (ČSN ISO 9297) |
| Sířany | 91,0 | mg/l | SOP 01 (ČSN 757477) |
| Vápník | 442 | mg/l | SOP 23 (ČSN ISO 7980) |
| Hořčík | 96,6 | mg/l | SOP 23 (ČSN ISO 7980) |
| Sodík | 204 | mg/l | SOP 28 (ČSN ISO 9964-3) |
| Rozpuštěné látky při 105°C | 11100 | mg/l | SOP 25 (ČSN 757346, 757347) |

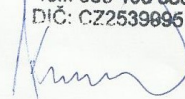
Prohlášení: Výsledky zkoušek se týkají pouze zkoušeného předmětu. Bez písemného souhlasu zkušební laboratoře nelze protokol reprodukovat jinak než celý.

Pozn.: SOP - standardní operační postup.



K filtraci vzorku pro stanovení (ne)rozpuštěných látek byl použit filtr ze skelných vláken o střední velikosti pórů 0,7 až 1,3 µm.

Protokol vyhotovil: Rozbrojová Jana
Schválil a za analýzy zodpovídá:

Dne: 28.2.2014
Mgr. Kerekešová Jana
Vedoucí zkušební laboratoře
Laboratoř MORAVA s.r.o.
742 13 Studénka
Tel.: 556 400 333
DIČ: CZ25399951



Příloha 2 – Protokol z laboratoře M O R A V A s.r.o. – zředěný fugát

| | | |
|---|---|--|
|   | Laboratoř M O R A V A s.r.o. Oderská 456 742 13 Studénka Zkušební laboratoř č. 1266, akreditovaná ČIA E-mail: info@laborator-morava.cz Web: www.laborator-morava.cz Tel. 556 400 333, fax. 556 413 092 IČO: 25399951, DIČ: CZ 25399951 | Zákazník: VŠB-TUO HGF 546-Institut environmentálního inženýrství 17. listopadu 15 708 33 Ostrava - Poruba |
|---|---|--|

PROTOKOL O ZKOUŠCE č. 4324/14
Výsledky rozboru vzorku fugátu

| | |
|--|--|
| Místo odběru: BPS Stonava Vzorek odebral: zákazník Identifikace: fugát Způsob odběru: neuvedeno Označení zákazníka: fugát ředěný | Datum odběru: 20.3.2014 Hodina odběru: neuvedeno Datum příjmu: 21.3.2014 Datum analýzy: 21.3. - 27.3.2014 |
|--|--|

| CHEMICKÝ ROZBOR | | | č. vzorku: 4324 | |
|----------------------------|----------|----------|-----------------------------|---|
| Ukazatel | výsledek | jednotka | metoda | |
| Chloridy | 89,0 | mg/l | SOP 54 (ČSN ISO 9297) | A |
| Sírany | 14,8 | mg/l | SOP 01 (ČSN 757477) | A |
| Vápník | 43,3 | mg/l | SOP 23 (ČSN ISO 7980) | A |
| Hořčík | 9,57 | mg/l | SOP 23 (ČSN ISO 7980) | A |
| Sodík | 19,6 | mg/l | SOP 28 (ČSN ISO 9964-3) | A |
| Rozpuštěné látky při 105°C | 1150 | mg/l | SOP 25 (ČSN 757346, 757347) | A |

Prohlášení: Výsledky zkoušek se týkají pouze zkoušeného předmětu. Bez písemného souhlasu zkušební laboratoře nelze protokol reprodukovat jinak než celý.

Pozn.: SOP - standardní operační postup.

K filtraci vzorku pro stanovení (ne)rozpuštěných látek byl použit filtr ze skelných vláken o střední velikosti pórů 0,7 až 1,3 µm.

Protokol vyhotovil: Rozbrojová Jana
 Schválil a za analýzy zodpovídá:

Dne: 27.3.2014
 Mgr. Hyšpár Jitka
 Vedoucí úseku chemie
 se sídlem
 ve Studénce
 1266